




VE
RI
TAS





Atlas de 20 pl. dont
1 en coul.

165

NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE.

TOME PREMIER.

Ouvrages qui se trouvent chez le même Libraire :

NOUVEAU SYSTÈME DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE ET DE BOTANIQUE, fondé sur les méthodes d'observation développées dans le nouveau système de chimie organique ; par F.-V. RASPAIL ; accompagné de 60 planches contenant près de 1000 figures d'analyse, dessinées d'après nature et gravées avec le plus grand soin. Paris, 1837, 2 forts vol. in-8, et atlas de 60 planches. 30 fr.

— Le même ouvrage, planches coloriées. 50 fr.

MÉMOIRE COMPARATIF SUR L'HISTOIRE NATURELLE DE L'INSECTE DE LA GALE, par F.-V. RASPAIL. Paris, 1834, in-8, fig. 2 fr.

COURS ÉLÉMENTAIRE D'AGRICULTURE ET D'ÉCONOMIE RURALE, à l'usage des Écoles primaires. Paris, 1832. 5 parties formant 1 fort vol. in-18, fig. 4 fr. 25 c.

MANUEL POUR L'ANALYSE DES SUBSTANCES ORGANIQUES, par J. LIEBIG, professeur de Chimie à l'Université de Giessen ; traduit de l'allemand, par A.-J.-L. JOURDAN ; suivi de l'examen critique des procédés et des résultats de l'Analyse des corps organisés, par F.-V. RASPAIL. Paris, 1838, in-8, avec 2 planches gravées. 3 fr. 50 c.

PARIS. — Imprimerie de BOURGOGNE et MARTINET,
Rue Jacob, 30.

NOUVEAU SYSTÈME
DE
CHIMIE ORGANIQUE

FONDÉ

SUR DES NOUVELLES MÉTHODES D'OBSERVATION,

ET PRÉCÉDÉ

D'UN TRAITÉ COMPLET DE L'ART D'OBSERVER ET DE MANIPULER,
EN GRAND ET EN PETIT,
DANS LE LABORATOIRE ET SUR LE PORTE-OBJET DU MICROSCOPE;

PAR

F.-V. RASPAIL.

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE,

ACCOMPAGNÉE

D'UN ATLAS IN-4° DE VINGT PLANCHES DE FIGURES DESSINÉES D'APRÈS NATURE,
ET GRAVÉES AVEC LE PLUS GRAND SOIN.

TOME PREMIER.

Il n'y a de petit dans la nature que les petits esprits. — *Mémoire sur l'Alcyonelle*, 1827.

PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,

Rue de l'Ecole-de-Médecine, n. 17.

LONDRES, MÊME MAISON, 219, REGENT STREET.

1838.

A LA MÉMOIRE

D'un homme de bien, mon pauvre maître,

L'ABBÉ EYSSÉRIC.

A toi, qui sus allier le prêtre de l'Évangile avec l'homme de la science et de la civilisation! A toi, qui, à Paris, aurais mérité de n'être d'aucune académie, et qui, dans mon village, ne voulus jamais t'élever au-dessus de la dignité d'instituteur des pauvres! A toi, philologue d'une *immense* érudition, qui te dévouas, toute ta vie, à faire épeler des lettres! A toi, prêtre, qui n'as jamais voulu vivre que du travail de tes mains!

A toi l'hommage de ce livre!

Puisse cette consécration pieuse que je t'adressai, pour la première fois, du fond de la prison dont je m'étais fait une solitude, et que je te renouvelle du fond de la solitude dont je me suis fait une prison; puisse cette consécration pieuse rendre mon livre aussi utile à la science, que l'ont toujours été tes exemples et tes leçons à la cause de l'humanité!

Adieu.

F.-V. RASPAIL.

Paris, 10 mai 1838.

AVERTISSEMENT

DE LA PREMIÈRE ÉDITION (1833).

Le moment ne pouvait pas être plus favorable pour la publication de cet ouvrage. Les expériences d'où découlent les principes sur lesquels il repose sont enfin proclamées exactes (*) par des hommes célèbres dans la science, après avoir été, pendant sept ans, repoussées avec acharnement par des médiocrités en crédit, dédaignées par des célébrités dupes de hautes influences, ou admises sous le manteau du plagiat. Cette victoire, après une aussi longue lutte, resterait stérile pour la science, si nous ne profitions pas de l'armistice, pour coordonner nos conquêtes et en former un seul tout.

En effet, dans un ordre social où le mérite ne s'estime pas, mais se mesure; où l'importance d'une opinion est en raison directe des émoluments de celui qui la professe, comment un observateur pauvre et proscrit pourrait-il attendre, d'une bienveillance étrangère, assez de patience pour aller fouiller les rapports intimes de ses publications éparses dans un si grand nombre de feuilles périodiques? Et pourtant toutes nos observations se tiennent par les liens les plus étroits; il existe entre elles une filiation ou une analogie telle que l'une

(*) Voyez les notes placées à la fin du livre, page 551. (*Ces notes se trouvent intercalées, à dater de l'alinéa 963, dans le premier volume de la seconde édition.*)

s'explique presque toujours par l'autre, et semble n'en être souvent que le plus simple corollaire.

Aussi le système que je publie n'a pas demandé de longues méditations; il a jailli, comme d'un seul jet, de l'ensemble des phénomènes que j'avais si scrupuleusement observés; et l'on n'aura pas, je pense, de la peine à m'en croire sur parole, quand on se sera assuré par soi-même de la simplicité de son expression.

Les amateurs des néologismes tirés du grec et du latin trouveront peut-être que ma nomenclature est prosaïque et banale. Mais j'ai été toujours convaincu que le luxe des créations nominales n'avait d'autre but que de donner le change sur le vide de la pensée, et que le moins grave inconvénient de cette mode moderne est sans doute d'introduire, dans la nomenclature scientifique, quelques barbarismes de plus (*). Enfin j'ai toujours eu le malheur de trouver, dans notre langue, des mots qui sé prêtaient parfaitement bien à mes définitions.

Comme le *Système de Chimie organique* que je publie est compacte et d'une grande unité, qu'il n'est, pour ainsi dire, que l'application méthodique d'un certain nombre de principes déduits d'expériences rigoureuses, pour éviter les répétitions j'ai dû employer fréquemment la ressource des renvois; ils sont exprimés par le chiffre de l'alinéa entre deux parenthèses. Ces renvois indiquent, ou l'explication du mot que suit la parenthèse, ou l'analogie du phénomène, ou la preuve

(*) Il n'y a peut-être pas d'auteurs plus portés à combiner des radicaux grecs et latins, à l'aide du dictionnaire, que ceux qui n'ont jamais eu la moindre notion de l'une et de l'autre langue; ce qui est fort commun en France.

de l'assertion, ou enfin la place typographique de la citation.

Jusqu'à présent, j'ose le dire, nous n'avons eu en *chimie organique* que des catalogues, ou, si l'on veut, des classifications arbitraires; je publie un *système* entièrement neuf, quoique fondé rigoureusement sur des expériences dont le plus grand nombre ont déjà paru dans des recueils divers. Du reste, la plupart d'entre elles sont connues d'un si petit nombre d'adeptes, elles ont été si peu indiquées même par ceux qui y puisaient à pleines mains, qu'elles auront encore aujourd'hui la fraîcheur de leur première publication et même le mérite de la nouveauté.

Tous les problèmes de la science des corps organisés ne s'y trouvent pas résolus ; mais alors j'ai tâché de fournir toutes les données qui m'ont semblé devoir conduire à la solution. J'ai exposé succinctement les caractères essentiels; j'ai donné la clef des caractères accessoires ou empruntés ; j'ai dévoilé les mélanges si souvent adoptés pour des principes immédiats. J'ai cherché, dans toutes les questions, à éclairer la chimie par l'anatomie et par la physiologie; car j'ai toujours considéré comme le comble du ridicule, de n'étudier la nature, qui est l'ensemble harmonieux de toutes les lois, qu'en ne consultant que l'une d'elles. Enfin, douze planches coloriées, calquées par moi au microscope, servent à peindre aux yeux les phénomènes essentiels que je décris. Ma méthode d'exposition se réduit à définir, exposer et réfuter.

Quoique j'aie mis le plus grand soin à rendre mes idées avec simplicité et une rigoureuse exactitude, je me vois

pourtant forcé de demander grâce pour mon style, dans le cas où quelque négligence m'aurait échappé; je prie mes lecteurs de ne pas perdre de vue que pendant longtemps mon grabat m'a servi de table, et que mon cabinet d'études est un cabanon qui n'offre pas même les avantages du cachot, je veux dire la solitude et le silence.

On serait peut-être en droit, si l'on venait à remarquer des lacunes dans mon travail, de me demander compte des trois dernières années de mon existence, années d'inaction, mais non de paresse. Mais on me permettra à mon tour de demander compte à la société actuelle de ses torts envers l'observateur pauvre et indépendant; elle qui achète les complaisances envers le pouvoir par 30,000 fr. de sinécures, et paie l'indépendance des opinions par les cachots; elle qui fournit à un seul homme quatre laboratoires où il n'entre jamais, une chaire où il s'endort; elle qui se hâte de proclamer, comme des génies, des ambitieux qui ont fait servir à la tromper l'or qu'elle prodiguait à leurs intrigues; qui transforme les fauteuils académiques en tout autant de berceaux de famille, et qui ferme ensuite toutes les portes à l'homme d'honneur, s'il ne veut rien obtenir que des suffrages libres de ses concitoyens; où pense-t-elle enfin que nous trouvions les substances et les instruments nécessaires pour nous livrer à la continuation de nos travaux?

Oh! certes oui, si au lieu de disputer mon existence et celle des miens à la persécution et à la nécessité, j'avais eu le bonheur d'étudier au sein d'un peuple libre, je sens quelque chose en moi qui me crie que j'aurais

poussé bien loin les limites de la science créée à la sueur de mon front.

Mais l'avenir me console, et le passé doit m'absoudre du présent. J'expose le *compendium* chronologique de ce passé dans la liste suivante de travaux volumineux, qui, malgré le caractère en apparence hétérogène de leurs titres, ne s'en tiennent pas moins tous, pour ainsi dire, par la main. Cette liste aura le double but de faire voir par quelle filière de raisonnements et d'observations je suis arrivé au présent *Système de Chimie organique*, et de couper court à toutes les questions d'antériorité.

1. Sur la formation de l'embryon dans les graminées (*Annales des Sciences naturelles*, mars 1825, tom. 4).

2. Essai d'une classification générale des graminées, fondée sur l'étude physiologique de cette famille (*ibid.*, avril et juillet 1825, tom. 5).

3. Développement de la fécule dans les organes de la fructification des céréales, et analyse microscopique de la fécule, suivies d'expériences propres à en expliquer la conversion en gomme; première partie (*ibid.*, octobre 1825). — deuxième partie (*ibid.*, novembre 1825).

4. Additions au mémoire sur l'analyse microscopique de la fécule (*ibid.*, mars 1826, tom. 6).

5. Réponse à quelques objections relatives au Mémoire sur la formation de l'embryon (*ibid.*, mai 1826).

6. Tableau comparatif des caractères physiques des diverses fécules (*Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, première section, novembre 1826).

7. Sur le sulfate d'amidon et sur l'inulure d'amidon (*ibid.*, décembre 1826).

8. Mémoire sur l'anatomie comparée des graminées (*Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, deuxième section, mars et avril 1827).

9. Recherches chimiques et physiologiques destinées à expliquer non seulement la structure et le développement de la feuille, du tronc, ainsi que des organes qui n'en sont qu'une transformation, mais encore la structure et le développement des tissus animaux (extrait dans le *Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, deuxième section, tom. 10, nº 176, inséré en entier dans le tom. 3 des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, 1827).

10. Tableau comparatif des caractères physiques des diverses fécules (*Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, première section, septembre 1827).

11. Note sur une fécule singulière, extraite des tiges souterraines du *Typha angustifolia* (*ibid.*, octobre 1827).

12. Expériences chimiques et physiques sur les *Chara* (*ibid.*, septembre 1827).

13. Note sur le développement du *Byssus botryoïdes* (*ibid.*, septembre 1827).

14. Mémoire concernant l'ouverture que Grew a décrite le premier sur le test des graines, suivi d'une notice sur le genre *Pontederia* (*Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, tom. 14).

15. Notice sur la détermination spécifique des céréales trouvées par M. Passalacqua dans un tombeau égyptien, et sur le mode de préparation qu'on leur a fait subir (*ibid.*, tom. 15).

16. Sur l'hordéine et le gluten, et sur la difficulté d'isoler, par les procédés en grand, les différents principes dont se compose une farine (*ibid.*, tom. 16).

17. Recherches physiologiques sur les graisses et le tissu adipeux (*Répertoire général d'anatomie*, tom. 3, 1827).

18. Anatomie microscopique des nerfs, pour démontrer leur structure intime et l'absence des canaux contenant un fluide et pouvant après la mort être facilement injectés (*ibid.*, tom. 4, 1827).

19. Premier Mémoire sur la structure intime des tissus de nature animale (*ibid.*, tom. 4, 1827).

20. Second Mémoire de physiologie et de chimie microscopique, sur la structure intime des tissus de nature animale (*ibid.*, tom. 5, 1828).

21. Anatomie microscopique des flocons du chorion de l'œuf humain (*ibid.*, tome 5, 1828).

22. Expériences de chimie microscopique, ayant pour but de démontrer l'analogie qui existe entre la disposition qu'affecte la silice dans les spongilles et dans certaines éponges, et celle qu'affecte l'oxalate de chaux dans les végétaux; accompagnées de l'anatomie microscopique des spongilles (*Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, tom. 4, 1828).

23. Nouvelles observations sur les cristaux calcaires qu'on trouve dans les tissus des végétaux vivants (*ibid.*).

24. Histoire naturelle de l'alcyonelle fluviatile et de tous les genres voisins, considérés, soit sous le rapport de leur organisation et de leur identité spécifique, soit sous le rapport physiologique de leurs tentacules avec les branchies des mollusques et des animalcules ou infusoires ou spermatiques (*ibid.*).

25. Notes additionnelles aux trois Mémoires précédents (*ibid.*).

26. Observations et expériences propres à démontrer que les granules, qui sortent pendant l'explosion du grain de pollen, bien loin d'être les analogues des animalcules spermatiques, comme Gleichen l'avait pensé le premier, ne sont pas même des corps organisés (*ibid.*).

27. Note sur le développement par stolons du *Conoplea cylindrica* (*ibid.*).

28. Sur les moyens, soit chimiques, soit microscopiques, qu'on a tout récemment proposés, pour reconnaître les taches de sang en médecine légale (*Journal général de médecine*, février 1828).

29. Polémique à ce sujet (*ibid*).

30. Observations critiques sur le Mémoire de MM. Orfila et Lesueur, intitulé : « *Recherches médico-légales*, pouvant

servir à déterminer, même long-temps après la mort, s'il a eu empoisonnement, et à faire connaître la nature de substance vénéneuse (*ibid.*, juillet 1828).

31. Partie botanique de la deuxième section du *Bullet universel des sciences et de l'industrie*, depuis 1825 jusqu'e 1829.

32. Annales des sciences d'observation, quatre volume 1829 et 1830, rédigées de concert avec Saigey.

Il me paraît inutile de détailler ici la liste des mémoir originaux que j'ai publiés dans les *Annales des sciences d'o servation ;* le lecteur les y retrouvera facilement à l'ai des tables de matières de cet ouvrage.

33. Essai de chimie microscopique, in-8°, chez Meilha 1830, extrait en majeure partie des *Annales des scienc d'observation.*

34. Nouveaux coups de fouet scientifiques, in-8°, ch Meilhac, 1830, *renfermant deux discussions*, l'une sur polémique de Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire, et l'aut sur un rapport académique relatif aux cristaux calcaires d *Cactus.*

35. Analyse de petits corps blancs contenus dans u kyste qui se forme au niveau de l'articulation du poignet sur la face palmaire (*Le Lycée, journal des sciences et d sociétés savantes*, jeudi 20 octobre 1831).

36. Histoire naturelle des ammonites, suivie de la des cription des ammonites des Basses-Alpes et des Cévenn (*ibid.*, 10, 13, 17, 20, 24, 27 novembre, 1er, 11 décembr 1831). (Le *Lycée* a cessé de paraître avant la complète pu blication de ce travail; ce journal offusquait le conse royal de l'instruction publique.)

37. Essai d'analyse microscopique sur le pain des pri sons de Paris, par un homme qui en a mangé (*ibid.*, 4 dé cembre 1831).

38. Cours élémentaire d'agriculture et d'économie ru rale, 5 petits vol. in-18. Chez Hachette, 1831-1832 (1)

(*) Ce Cours élémentaire tiré à cinq mille exemplaires est arrivé à

Ouvrages parus postérieurement à la première édition.

39. Le *Réformateur*, journal quotidien des nouveaux intérêts matériels et moraux, industriels et politiques, littéraires et scientifiques; grand format. 384 numéros, du 8 octobre 1834 au 27 octobre 1835.

40. Mémoire comparatif sur l'histoire naturelle de l'insecte de la gale, 1834. In-8°, chez J.-B. Baillière.

41. Nouveau système de physiologie végétale et de botanique, accompagné d'un atlas de 60 planches; 2 vol. in-8°, chez J.-B. Baillière, 1837, paru en décembre 1836.

deuxième édition, en dépit de tout le mauvais vouloir ministériel. Le premier traité parut en 1831 avec cette inscription : *A l'usage des écoles primaires;* il faisait partie d'une série de traités publiés par L. Hachette, pour l'instruction des élèves et des maîtres du premier degré. Plusieurs sociétés d'agriculture, et spécialement celle de Versailles, votèrent des fonds pour en distribuer de cent à cent cinquante exemplaires aux cultivateurs de leur département. Le préfet de Versailles ne s'opposa point à l'exécution de ce vote. Le dernier traité était terminé par les notions de comptabilité à l'usage des agriculteurs, et par un traité d'économie publique rédigé en forme d'aphorismes, que les journalistes des diverses opinions insérèrent en entier dans leurs feuilles. Les principes développés dans tout le cours de l'ouvrage, sur la puissance et la moralité des associations agricoles, prirent tellement racine dans le cœur des amis de l'agriculture, que, sur la fin de la session de 1832, le général Bugeaud se rendit l'interprète de cette heureuse disposition des esprits, en formulant une demande expresse auprès de la chambre, pour la formation d'associations cantonnales, qui prendraient le nom de *comices agricoles*. Ce mot, emprunté à l'une des institutions de la république romaine, et qui se trouvait cité dans l'avertissement de notre premier traité, sembla moins contraire à la syntaxe du langage monarchique, que celui d'association, que nous avions employé dans tout le cours de l'ouvrage, comme n'appartenant au langage d'aucune nuance politique ; *multa renascentur quæ jam cecidère*. Le 15 décembre 1833 le ministre des travaux publics adressa une circulaire aux préfets, pour les engager à encourager la formation des *comices agricoles*. Les encouragements du pouvoir ne sont jamais que des servitudes achetées; les *comices agricoles* sont devenus un des rouages de l'administration ; l'agriculture n'en a pas retiré d'autre avantage ; mais enfin le principe est posé, l'application plus tard sera

OBSERVATION. Presque tous les mémoires énumérés dan cette liste, et qui ont été publiés dans les divers recueil de la capitale, avaient été tirés à part, à un petit nombr d'exemplaires, pour être distribués gratis, par nous, au personnes compétentes, à l'époque où l'Institut de Franc avait mission officielle d'étouffer, dans le plus profon silence, les résultats obtenus par un auteur proscrit. C dans un moment où tous les genres de mérite sembler ne plus s'estimer qu'*ad valorem*, il ne sera peut-être pas san intérêt de révéler le prix que la faveur publique a attach depuis à ces *tirages à part*. *L'Essai d'une classification géné rale des graminées* (n° 2 de la présente liste) et le seul *Mémoi sur l'alcyonelle* (n° 24) qui ne dépasse pas 90 pages, s'élèver fréquemment, dans les ventes publiques de livres, à de prix que sont loin d'atteindre les ouvrages en deux ou troi volumes in-8°.

nécessairement plus heureuse: attendons. En 1835, le ministre s'effray de voir circuler dans les écoles primaires un ouvrage élémentaire revêt de notre nom; il se fit adresser, par les *conseils généraux*, des demand pour l'adoption d'un *Cours élémentaire d'agriculture* à l'usage des écol primaires. En 1837, la chose parut beaucoup plus urgente; nous venior de publier la deuxième édition entièrement refondue du premier trait le ministre du commerce, Martin (du Nord), consacra une somme d 6,000 fr. à donner en prix aux six *Cours élémentaires d'agriculture* que l Société d'agriculture de Paris aurait jugés dignes de cet encouragemen Ainsi l'opinion publique a eu gain de cause, elle a forcé le pou voir à s'occuper de l'enseignement élémentaire du grand art qui no fait vivre; et nous applaudissons de grand cœur à ce triomphe, nous qu l'avons préparé; car nous sommes de l'école de ceux qui professent c adage : *Périsse notre nom, plutôt qu'un principe utile aux hommes!*

AVERTISSEMENT HISTORIQUE

SUR CETTE DEUXIÈME ÉDITION.

Mon ouvrage est terminé; le plus difficile me reste à faire: c'est de le dire au public, et de le dire sans compromettre, non pas mes intérêts (on sait bien que je ne m'arrête jamais à si peu de chose), mais les intérêts d'autrui, qui ont toujours été sacrés pour moi. A chaque phrase que je vais écrire, je devrai ne jamais perdre de vue le danger qui menace aujourd'hui une plume taillée un tant soit peu à droite, ou un tant soit peu à gauche; malheur à la mienne, si je n'ai la précaution d'en tenir sans cesse *le* bec légèrement tourné vers un juste-milieu. Mes lecteurs me tiendront compte, je n'en doute pas, de cette nécessité; leur indulgence ne m'a jamais failli, je m'en suis toujours reposé sur elle, comme sur le complément obligé de ma phrase; et c'est à eux que j'ai toujours laissé le soin du dernier mot, c'est-à-dire du mot qui rendrait le mieux la pensée, si l'on avait le droit de l'écrire.

Cependant je devrais jouir du privilége que j'accorde volontiers aux autres. Car il ne m'est jamais venu dans l'esprit de profiter de ma position, pour interdire à qui que ce soit le droit de parler de moi, comme bon lui semble; et mes adversaires en usent assez largement. J'ai toujours professé l'opinion que la presse n'est nuisible que par ses entraves, et non par ses abus et ses écarts; vu que, toutes les fois que chacun peut dire et répondre tout ce qu'il pense, l'antidote se trouve par le fait à côté du poison, et que, si nombreuses que puissent être les fausses allégations, la vérité, de sa nature aérienne,

finit toujours par s'élever au-dessus. Ce qu'il y a de plus singulier, c'est que telle est l'opinion soutenue par tous les philosophes de la terre, de quelque religion qu'ils soient; et pourtant, dans ce siècle éminemment philosophique, ce n'est point là l'opinion permise. C'est l'opinion des philosophes que je professe, c'est à l'opinion contraire que je vais tâcher de me conformer dans cette préface; car la préface, même d'un livre scientifique, peut se trouver, par certains points de contact, du ressort de cette espèce d'opinion, qui n'est pas la reine du monde.

Le *Nouveau Système de chimie organique* parut en un volume in-8° en mars 1833; et quoique cette époque de mouvement et de perturbations générales fût peu favorable à ce genre de succès, cependant le succès de ce modeste volume dépassa toutes mes espérances. Habitué à lutter, depuis près de dix ans, contre le savoir faire des savants en place, et à n'avancer d'un pas que pour consacrer des mois entiers à en aplanir un autre, je m'attendais de voir mon livre profiter à la science, et nullement à la réputation de son auteur; de voir les candidats aux places vacantes y puiser des sujets nouveaux d'improvisations hebdomadaires, sans que le public se doutât, le moins du monde, de la source de cette activité. C'est ainsi depuis dix ans que les choses s'étaient passées; et cela m'avait paru naturel: pour qu'il en fût autrement, il m'aurait fallu faire comme ces hommes, suivre leur voie, adopter leurs idées de morale politique. Ma conscience se refusait à ces conditions; ma résignation devait accepter toutes les conséquences de mes principes de conduite; et chacun sait si ma résignation, pendant dix ans, s'est trouvée une seule fois en défaut.

Mais il paraît qu'il s'était passé dans le monde quelque chose d'extraordinaire pour moi, pendant que j'en

étais absent. En même temps que mon livre sortait du magasin, il se trouva que je sortais aussi des lieux où l'on emmagasine, pour ainsi dire, les hommes, afin, dit-on, de les rendre meilleurs; je n'étais ni meilleur, ni pire (je ne suis pas de nature à changer); j'étais heureux d'avoir consacré quinze mois à la rédaction d'un livre scientifique, et de me trouver libre à l'époque si féconde en observations, au printemps, la seule saison qui fasse aimer la vie; comme l'hiver est la seule qui fasse aimer l'étude et le travail. Je cherchai une solitude bien ignorée et bien profonde; le triomphe vint m'y troubler; mon livre avait fait fortune (je me hâte de rappeler que le mot *fortune de livre*, n'est pas synonyme de *fortune d'auteur*).

Le 7 mai 1833, on me fit parvenir la lettre suivante, timbrée : *Ministère de l'instruction publique*, *division des sciences et des lettres.*

J'ai parlé au ministre de M. Raspail, et j'aurais besoin de le voir. Je prie M. Ba.... de vouloir bien me dire comment je dois m'y prendre? J'irai volontiers à Versailles, si M. Raspail y est encore. M. Ba.... aurait-il la bonté d'en prévenir M. Raspail, et de lui demander un rendez-vous pour moi?

Mille compliments.

Signé : HIPP. ROYER-COLLARD.

Ce rendez-vous ne pouvait être accepté par moi, en vertu de motifs que chacun saura comprendre.

Le 19 mai suivant, une lettre analogue, adressée à la même personne, me fut communiquée; elle était conçue en ces termes :

MONSIEUR,

D'après l'intérêt que m'a inspiré l'ouvrage de M. Raspail, j'ai écrit et parlé à plusieurs ministres; celui de l'instruction

publique en fera prendre plusieurs exemplaires. Le garde des sceaux est très disposé à bien pour l'auteur, car il m'a donné un rendez-vous pour s'occuper particulièrement de son affaire. Il m'a dit que le gouvernement ne tenait pas à exiger avec rigueur son amende, et même qu'on serait disposé à aider M. Raspail; que ce serait une bonne action; mais qu'il était juste, en même temps, d'avoir l'assurance que l'auteur, quittant toutes ses actions politiques hostiles, rentrerait uniquement dans la carrière des sciences, si belle à parcourir pour lui. Je ne pouvais pas, au moment où M. Barthe s'exprimait ainsi, prendre l'engagement, au nom de M. Raspail, d'abandonner la guerre politique; je sais fort bien qu'on peut être rép........ par principe, sans chercher à renverser la monarchie; ainsi je ne crois pas qu'on soit maître de changer sa conviction; mais il est bien permis à l'État d'assurer aussi sa tranquillité. Au fait, M. Raspail peut sortir du malheur, en rentrant uniquement dans le giron des sciences; je serai heureux, si je puis y contribuer, parce que ses travaux d'histoire naturelle m'inspirent un intérêt sincère.

Je serai bien aise d'avoir une réponse avant mon entrevue avec M. Barthe, qui y a mis la meilleure grâce, je dois le dire. Ce n'est pas une supplication, c'est une paix à conclure sur parole d'honneur.

Salut amical.

Signé : J.-J. Virey.

Si j'avais le malheur de tenir un peu aux misérables questions du point d'honneur, je dirais que, malgré les bonnes intentions de l'auteur, sur le compte desquelles je n'élève pas le moindre doute, cette lettre me fit l'effet d'une insulte personnelle; je ne répondis pas, et me réfugiai plus profondément encore dans ma solitude.

Le 5 juillet 1833, il m'arriva directement une autre lettre, qui portait un tout autre cachet, et s'offrait à moi avec les caractères d'une tout autre bienveillance. Je la transcris textuellement :

INSTITUT DE FRANCE. — ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.

Paris, 5 juillet 1833.

Monsieur,

Vos recherches microscopiques ont fait connaître la nature intime de certains points moléculaires ; elles ont mis à la portée de la Société de nouveaux matériaux, et ont ainsi créé à son profit des trésors d'une fécondité toute-puissante.

Elles ont sur moi, comme membre de la Société, une influence de gratitude et de haute estime pour leur auteur. Que je fusse resté entièrement isolé, je nourrissais pour vous, au fond de l'âme, un respect profond, comme j'en conçois pour tous les bienfaiteurs de l'humanité.

Mais la fortune a disposé de moi autrement, en me plaçant momentanément, comme président, à la tête de l'Académie des sciences ; or, je ne me trouve jamais dans une position nouvelle que je n'en étudie les circonstances, surtout celles qui me créent des devoirs.

Ma position est de donner de l'encouragement à tous les efforts heureux qui se font en faveur des sciences ; d'être, comme président, la pensée active et providentielle de tous les membres de la corporation.

Or, qui a plus de droits, Monsieur, aux encouragements des savants que vous, Monsieur, qui venez d'ouvrir une nouvelle voie de recherches, en trouvant des faits aussi pleins d'avenir, en créant des idées si nouvelles et si heureusement inspiratrices d'idées subséquentes !

En partant pour le Midi de la France, avec une commission scientifique, je dis dans un cercle que j'eusse proposé un prix de dix mille francs pour l'invention du sulfate de quinine..... Vous êtes, Monsieur, pour vos recherches et vos découvertes, qui, je crois, datent de sept ans, dans la même situation ; l'utilité de vos travaux éclate au moment même, et leur avenir d'influence l [illegible] ment incommensu-

rable que cela ne me paraissait être autrefois à l'égard du sulfate de quinine.

En définitive, je pense qu'une récompense solennelle, sur la fortune laissée à la science par le philanthrope Monthyon, vous est due; je m'en suis ouvert vis-à-vis de mes collègues intimes; la disposition des esprits est très favorable à mes vues.

Un point dont je vous dois l'assurance, c'est que je n'agis pas sous une direction quelconque, sous une influence de A ou de B; je vous déclare ce fait sur l'honneur. Seul, j'ai conçu que le moment d'être juste à votre égard et de le manifester était venu. Concevoir et agir, c'est là mon fait.

Maintenant, pourquoi cette lettre? j'aurais pu agir à votre insu, c'est vrai; et c'eût été mieux. Mais si vous me répondez en des termes que je puisse faire valoir vis-à-vis de certains esprits revêches, vous servez mon plan de conduite.

Veuillez, Monsieur, agréer l'hommage vrai et profond de ma très haute considération.

Signé : Geoffroy Saint-Hilaire,
Président de l'Académie des sciences.

Ce qui nous surprit étrangement, dans cette lettre infiniment trop flatteuse, ce n'est pas la bienveillance que nous témoignait le savant, mais bien celle que nous exprimait le président de l'Académie des sciences, au nom de sa Société. Nous n'oublierons jamais en effet la faveur avec laquelle Geoffroy Saint-Hilaire père accueillit nos premiers débuts dans la carrière de l'observation, et la manière avec laquelle il se compromit lors de notre première lecture, à l'Académie des sciences, en quittant son fauteuil et venant prendre place auprès de l'inconnu, afin de se soustraire à l'importunité des conversations de ses collègues, et de les forcer, par son exemple, à prêter une attention que ces messieurs, d'aventure, n'ac-

cordent qu'à la lecture de leurs protégés. J'oublierai encore moins les paroles d'encouragement, et de découragement à la fois, qu'il m'adressa huit jours après, bien à l'écart, dans la salle de la bibliothèque. La révolution de juillet a avancé de quarante ans le terme assigné par le prophète au triomphe de ces vérités.

Dans ma réponse, je pris grand soin de poser cette distinction entre le savant et le président, entre la mission du cœur et la mission officielle. Avant d'entrer dans des explications à cet égard, il m'importe de faire observer que, dans tout le cours de mes travaux scientifiques et de ma carrière politique, il ne m'est pas arrivé de faire la moindre visite à Geoffroy Saint-Hilaire; notre sympathie commune s'est toujours exercée à distance; la mienne est trop compromettante pour que je veuille la témoigner de plus près. Lorsque la lettre du président de l'Académie des sciences me parvint, il y avait bien six ans que nous ne nous étions vus, et qu'il ne s'était établi le moindre rapport entre nous. Le savant, une fois mis hors de la portée de ma réponse, voici en substance ce que je répondis à l'Académie des sciences, dans la personne de son président :

« J'ai eu recours fréquemment à la publicité qu'une lecture à l'Académie des sciences est dans le cas de donner à une idée; je profitais en cela d'un droit, pour ainsi dire, national; et je publiais mes idées ensuite dans les recueils spéciaux. Une seule fois j'ai souscrit à demander un rapport; c'est à ma première lecture; il ne m'est plus arrivé d'en demander un second: le premier, tout flatteur qu'il était, m'avait donné la mesure de la compétence des juges de cette section. Jamais il ne m'est arrivé de concourir à un sujet de prix; il a été suffisamment démontré pourtant, même à l'Académie, qu'une de mes

découvertes avait reçu une couronne sur le front d'autrui. Il n'est pas une de mes publications scientifiques qui ne m'ait suscité quelques sourds désagréments ; on sait la part que Cuvier et ses adhérents ont prise à la ruine de l'une d'elles, ruine qui entraîna celle de notre avoir. Qu'aujourd'hui l'Académie pense à me décerner une réparation enveloppée dans une somme de 10,000 fr.; il ne m'est pas plus permis de le refuser, que si la réparation n'avait qu'un morceau de papier pour enveloppe. Mais je déclare que j'accepterai sans condition, et sans me départir en rien de ma manière d'agir et d'écrire envers elle. Mon programme ne saurait être que celui des *Annales des sciences d'observation*; et jusqu'à ce que l'Académie se soit réformée sur des bases plus libérales, ma conscience me défendra de modifier en rien le système que j'ai suivi jusqu'ici. Moi qui n'ai point de haine dans le cœur, je ne pourrais que m'applaudir de voir les corps savants venir à moi; mais aussi moi qui professe la religion du beau et du vrai, je ne saurais aller vers eux, sans abjurer mes croyances. »

Il me fut répondu oralement, et par un intermédiaire, que ma lettre n'avait changé en rien les bonnes dispositions de l'Institut; qu'on était résolu à accorder la récompense à l'ouvrage, indépendamment des éserves prises par l'auteur. Le bruit s'en répandit dans la capitale, et les félicitations nous arrivèrent de toutes parts. Nos amis savent avec quelle insouciance nous acceptions ces témoignages : « Ils ont le pouvoir d'offrir le prix, disions-nous, mais non celui de l'accorder, ils ne l'accorderont pas. »

Et ils ne l'accordèrent pas : les journaux de l'époque ont assez clairement expliqué pourquoi (*).

(*) Voyez *le Messager*, et *le Bon Sens* du 6 octobre 1833; *le National* du 20 et 22 novembre 1833, et le *Journal des Débats* du 21 novemb. 1833.

Il paraîtrait, en effet, que Guizot, ministre alors de l'instruction publique, aurait mandé Geoffroy Saint-Hilaire père, pour avoir avec lui un entretien à cet égard; et que le ministre éprouvant de la résistance de la part du président de l'Académie, aurait mis fin à l'entrevue en ces termes : « Au reste, que l'Académie fasse son devoir, moi je ferai le mien. » Quelques jours plus tard, j'étais arrêté comme coupable d'avoir conspiré, à la tête de cinq cents personnes, dans l'amphithéâtre du n° 11 de la rue des Fossés-Saint-Jacques. Cette victoire était criée dans les rues, en attendant le jugement. Le jugement tardait d'arriver ; l'Académie suspendit le sien ; elle reculait sa séance solennelle d'un mois, puis de quinze jours, puis d'une semaine ; puis enfin, jusqu'à ce que l'opinion publique eût perdu de vue l'événement.

Quoi qu'il en soit, la séance eut lieu, presque en même temps que le procès. La récompense fut, on le prévoit, passée sous silence; et la décision unanime du jury mit en liberté le conspirateur pris à la tête de cinq cents hommes; car il se trouva que ces cinq cents hommes se composaient d'une trentaine de membres de la Chambre des députés, d'un assez grand nombre d'artistes, d'écrivains de la presse périodique, de manufacturiers et de rentiers, qui s'étaient réunis à l'effet de réviser les comptes de la Société pour la liberté de la presse ; Lafayette devait présider cette réunion ; nous avions à parler au général ; nous nous étions rendu dans ce but à l'assemblée ; il n'y vint pas ; on nous pria de prendre le fauteuil à sa place ; notre crime, on le voit, est un de ceux dont bien des gens seraient fiers ; et le jury à l'unanimité fut de l'avis de ces gens-là. Je m'arrête à ce point de contact de mon sujet avec la politique.

Mais, en ce qui concerne les institutions scientifiques

de France, je ne m'étais pas trompé à l'égard de l'Académie des sciences et des autres académies fondées sur les mêmes bases : ce sont des corps dépendants du pouvoir, fonctionnant par les ordres, ou avec la permission du pouvoir, et dans l'intérêt des vues du pouvoir. Le libéralisme de ceux de leurs membres, qui affichent cette opinion, est du genre de ce libéralisme anglais, dont le gouvernement tient toujours la ficelle : c'est un rôle et non une conviction ; et les plus généreux d'entre eux sont forcés d'étouffer leurs émotions et leur sympathie, crainte de ruiner, non seulement leur avenir, mais même leur gloire passée.

Cette dépendance officielle de l'Académie des sciences est devenue une servitude depuis Fouché, qui, le premier, crut devoir porter l'influence de son système dans toutes les branches de l'administration générale, et faire pénétrer son regard dans tous les corps, même les plus élevés de l'État. Comment aurait-on pu, par un autre genre d'importunités, amener peu à peu Monge, le Monge de l'Institut d'Égypte, le Monge qui promettait sa fille en mariage au premier soldat blessé en combattant pour le pays; comment aurait-on amené le plus populaire des savants à affubler sa gloire des oripeaux du comte de Peluze! Ce fut dès cette époque qu'Adanson rompit toutes ses relations avec l'Académie des sciences, qu'il ferma sa porte à tous les savants, qu'il se condamna à la plus profonde solitude : Adanson avait le sens de la prévision. Ce fut alors que l'on vit le jeune Cuvier, après avoir fait le rapport le plus flatteur sur les nouvelles méthodes de dissection de Gall le phrénologue, revenir à l'Académie, à quelque temps de là, pour rétracter, sur un ordre de Napoléon, son approbation académique, et dire, point par point, le contraire de ce

qu'il avait signé auparavant. Napoléon n'aimait pas les idéologues, il ne voulait que des descripteurs; et, chose étrange, ou plutôt chose bien naturelle ! ce sont les descripteurs qui l'ont trahi et renié; et ce sont, avec ses compagnons d'armes, les idéologues seuls qui ont vengé sa mémoire, après sa chute, eux qui avaient bravé son invincible épée, au milieu de ses grandeurs. C'est que le descripteur, si grand qu'on veuille le faire, n'est en définitive qu'un homme travaillé par l'esprit de possession, et qui court après un écu, en vertu du même mobile qui le fait courir après un caractère spécifique; l'idéologue oublie tous les détails, et il s'oublie lui-même le premier au milieu de tous les détails, pour conquérir une loi générale, et exprimer une vérité; le descripteur calcule, l'idéologue raisonne.

Depuis trente ans, les rouages de l'Académie des sciences n'ont pas usé une de leurs dents : c'est le même système qui y fonctionne; c'est le même pivot sur lequel elle tourne; la machine a changé souvent de manivelle, mais jamais de ressort; elle a survécu à la chute de tous ses maîtres, elle a toujours appartenu au premier occupant; rendant les sons qu'on lui demande, étouffant ceux qui ne plaisent pas, élevant jusqu'au faîte l'individu qu'on lui désigne, fût-il un sot; étriquant, écrasant, passant au laminoir le mérite d'un autre, fût-il un homme de génie, mais surtout s'il est un peu trop indépendant. Il y aura quatorze ans bientôt que nous l'avons jugée de la sorte; le public semble la juger comme nous aujourd'hui; et le gouvernement, suffisamment averti, fait mine de donner satisfaction à l'opinion publique, laquelle déclare que ce corps n'est plus en rapport avec les idées et les besoins de l'époque, qu'il n'a jamais servi de rien à la stabilité des institutions po-

litiques, qu'il a servi de bien peu de chose aux progrès des sciences et des arts, et qu'il n'a jamais profité qu'aux savants et aux artistes, ou débiles, ou complaisants. Sur ce, l'on a flanqué les académies de *comités* nommés par ordonnance, espèces de tuteurs préposés à la surveillance de chaque section. Mais, il faut l'avouer, en jetant les yeux sur le personnel de ces institutions de nouvelle date, on se demande où sont les pupilles et où sont les tuteurs; et, pour ne pas supposer une méprise, on est forcé de recourir à plus d'un soupçon.

Pour moi, qui, on le sait, ne suis nullement partisan de nos institutions académiques, je fais les vœux les plus ardents pour que les comités viennent se fondre dans l'Institut; la nécessité d'une réforme radicale ne serait plus dès lors un point litigieux. Comme ces comités n'ont encore rien fait, le public serait obligé de nous croire sur parole; reprenons donc, sans en mot dire, l'historique de cette confession.

Le succès du *Nouveau système de chimie organique* tenait à d'autres causes qu'à celles qui émanent de la faveur ou de la persécution; la couronne qui l'attendait n'était ni la couronne académique ni celle du martyre: l'opinion publique reprenait sa propriété, car c'est à son adresse que j'avais écrit mon livre. Il fut traduit presque immédiatement en allemand, en anglais, et je crois en italien, et même en égyptien; il se répandit jusqu'en Prusse, dont l'Académie des sciences, où siège Humboldt, a des raisons pour nous voir du même œil que l'Académie de Paris. Les médecins, qui, les premiers, l'acceptèrent avec une bienveillance marquée, entraînèrent les chimistes un peu plus récalcitrans; les pharmaciens secondèrent les médecins; et de toutes parts la chimie entra hardiment dans les voies de la méthode

nouvelle. Les opticiens peuvent dire quelle prodigieuse activité l'apparition du livre a portée, dans une des branches jusque là la moins lucrative de leur fabrication. Le petit *microscope*, auquel la faveur publique a pris l'habitude d'accoler mon nom, quoique je n'aie eu en cela que le mérite d'en avoir vulgarisé l'usage, et d'en avoir mis la construction à la portée des bourses les plus pauvres; ce petit instrument s'est expédié par ballots dans tous les pays du monde; non seulement le fabricant, mais encore les contrefacteurs n'ont jamais pu suffire depuis six ans à l'empressement des demandeurs; et le microscope simple est devenu un nouvel objet d'exportation commerciale (433, 515).

On pense bien que la même influence qui avait rendu l'Académie muette à récompenser, la rendit active à étouffer un succès qui franchissait ainsi toutes les douanes, sans commettre une seule contravention aux lois de l'État. Mais comment s'y prendre, en pareil cas? Le seul moyen que les corps savants aient à leur disposition dans ce but, c'est de rester stationnaires, pour retarder du moins, par l'effet de la pesanteur, la rapidité de l'idée qui marche. Les livres classiques et universitaires remplissent fort bien cette condition; ce sont tout autant de chevilles enfoncées dans le progrès, qui l'arrêtent au cran du millésime de la publication du livre, pour un espace de temps égal à celui qui est nécessaire à l'écoulement de l'édition. Mais l'opinion publique, qui marche vite, et qui aujourd'hui marche seule et sans lisières, avait tourné et laisse bien loin en arrière ces obstacles au progrès. Force fut donc d'attaquer les nouvelles idées par d'autres moyens, par des moyens moins usés et plus directs; car elles se glissaient partout sous un autre manteau que celui du plagiat hebdomadaire. Les

journaux scientifiques paraissaient offrir toutes les conditions favorables à ce projet d'amortissement; mais malheureusement il se trouvait que les journaux anciennement établis s'étaient déjà prononcés sur le mérite de l'ouvrage; et la palinodie ne porte jamais bonheur à ce genre de publication. On en créa quelques nouveaux, de tout petits, emmaillottés de rose ou de jaune, pour quelques mois seulement; les fonds destinés à l'encouragement des sciences n'étaient-ils pas là pour ces sortes d'encouragements? l'illustre Monthyon en a déposé une forte somme à l'Institut; les contribuables en ont déposé une non moins forte à la caisse de la division des sciences et des arts. Ces petites feuilles allèrent à peine jusqu'à deux numéros; et elles n'ont peut-être jamais été lues par personne que moi, qui en recevais régulièrement un exemplaire; car il paraît que c'était moi qu'on voulait convaincre, et non pas le public. L'essai ne fut pas poussé plus loin, parce que la presse périodique, toute-puissante alors d'indépendance, faisait peur à tous ces enfants perdus de la subvention.

Du reste, ces moyens d'attaque étaient certainement fort anodins; ils ne portaient rien moins que sur l'exactitude des faits, mais plutôt sur leur importance. Enfin, le pouvoir ne cherchait qu'à atténuer, par une presse à peu près clandestine, un succès auquel la presse n'avait pas contribué pour la plus petite part. Car il est un fait digne de remarque, dans l'histoire de ce livre : ce fut le *Journal des Débats*, qui l'annonça par quelques phrases d'éloge, le lendemain de son apparition; les autres journaux ministériels gardèrent le silence; la *Tribune* n'en a jamais ouvert la bouche; et le *National* aurait suivi certainement cet exemple, si Saigey ne s'en était pas trouvé alors le collaborateur; Saigey qui, à cette époque, était le seul

journaliste compétent en fait de science, tant la science entrait pour peu de chose dans la rédaction des journaux politiques d'alors. (Nos savants peuvent dormir tranquilles aujourd'hui, ce bon temps est revenu pour le repos de leurs âmes.)

Tous ces fonds avaient été dépensés en pure perte; on avisa à d'autres moyens, à des moyens plus sérieux, et qui, s'ils étaient dirigés avec méthode et conscience, ne laisseraient pas que d'amener à des résultats utiles et profitables à la science : il fut décidé que l'on reverrait un à un tous les travaux sur lesquels nous avions basé le *nouveau système*, afin de mettre en relief tous les passages où l'observation serait trouvée en défaut. Ce soin fut confié à des jeunes étudiants, sous la direction des maîtres; mais il paraît que les maîtres n'y ont gagné que de se voir cités, au chapitre des erreurs, avec des ménagements commandés par la position des élèves; et les élèves à être cités, par les maîtres, pour avoir vérifié l'exactitude de ce qu'on avait tant à cœur de réfuter.

Après vinrent les bouts de notes, analogues à celles dont nous avons donné une série hebdomadairement palinodique, page 498 du 1er volume; notes destinées à attaquer l'ennemi par un système contraire au précédent, par un système à rebours. Celui-là avait pour but de débrouiller les citations; celui-ci d'embrouiller les découvertes; le premier prenait pour devise d'éclairer la question; le second semblait prendre à tâche de l'obscurcir; l'un citait quoique abréviativement et d'une manière plus ou moins tronquée; l'autre ne citait pas du tout, afin de se faire citer tout seul, si jamais on parvenait à le comprendre. Le *National* du 21 octobre 1833, à qui il était permis alors de faire de l'opposition scientifique, résuma l'une de ces séances académiques

d'une manière si fantastique, que les embrouilleurs eux-mêmes s'en trouvèrent déconcertés, et retardèrent d'un mois la lecture de leurs intéressantes découvertes.

L'apparition du *Réformateur* vint ajouter un embarras de plus aux embarras déjà assez grands de la publicité académique; car l'indépendance matérielle de ce journal laissait toute latitude à l'indépendance de la rédaction, et jamais journal quotidien n'avait embrassé tant de choses dans son cadre. Les académies, avec leur cortége de membres, de candidats, de lauréats, de protecteurs et de protégés, avec leur matériel de fonds disponibles et de journaux entretenus à leurs frais ou sur leur recommandation; les académies pourtant ne se crurent pas de force à lutter de front contre une feuille rédigée sous l'influence et sous la vigilance d'un seul homme. Il est des circonstances, où ces grands chênes séculaires se mettent à ployer comme un roseau; il y aurait toute une histoire comique à faire, sur les rapports immédiats ou médiats de la plupart des personnages de cette grande scène, avec l'administration et la rédaction subalterne d'un journal, qui n'avait, pour commencer, d'autres fonds disponibles qu'une cinquantaine de mille fr.; il ne serait pas sans intérêt, pour l'histoire du siècle, de désigner tous ceux qui ont gagné des couronnes à ces sortes de missions; et il serait curieux, pour tout le monde, d'apprendre que tel individu qui nous apportait la liste des sinécures, dont se trouve passible envers l'État chaque membre de l'Institut, est un de ceux qui, plus tard, ont reçu une assez forte somme de la munificence de ces messieurs. Mais de pareilles révélations sortiraient du cadre et de la spécialité des révélations relatives au *Nouveau système de chimie organique*.

La surveillance active qui s'exerçait, par l'œil du maî-

tre, et le jour et la nuit, sur l'administration et la rédaction de cette feuille périodique, ne permit pas longtemps aux savants d'espérer qu'aucune avance pût jamais la rendre traitable et qu'aucune manœuvre pût la détourner de son but. On tenta un coup-d'état scientifique; Arago en fut l'exécuteur; ce qui lui revenait de droit, pour en avoir été le solliciteur. Jusques alors, le lendemain des séances de l'Académie, les journalistes avaient la permission d'aller consulter les mémoires originaux déposés au secrétariat de l'Institut, afin d'y puiser des extraits appropriés à la nature de leurs feuilles. Mais voilà qu'un jour les rédacteurs de trois journaux se trouvèrent consignés à la porte du secrétariat par ordre d'Arago, du libéral Arago (*), du défenseur parlementaire de la liberté de la presse : ces trois journaux étaient précisément et nominativement le *National*, la *Tribune* et le *Réformateur*; les journaux de toutes les autres couleurs conservèrent, comme par le passé, leur entrée libre. Le public sera sans doute plus étonné que nous ne le fûmes, de cet événement; car nous avons, par devers nous, de tout autres idées, que les abonnés des journaux, sur le libéralisme affiché par certains hommes. Le *National* et la *Tribune* reçurent le coup en silence; le *Réformateur* le révéla, et la révélation fut un contrecoup dont se ressentit toute l'Académie. De là des pourparlers et des propositions de paix : « ce n'était plus contre ces trois journaux que la mesure avait été prise, mais bien seulement contre un rédacteur des séances; et les portes des Archives se rouvriraient à tous les trois, immédiatement après l'expulsion de ce rédacteur. » Ce rédacteur, c'était Saigey, qui rédigeait alors à lui seul le feuil-

(*) Voyez bulletin du *Réformateur*, 25 mars 1835.

leton scientifique du *National;* en partie celui du *Réformateur* du mercredi, consacré à l'Académie des sciences, et qui, de plus, passait pour donner des conseils fort utiles, mais fort peu académiques, au rédacteur hebdomadaire du feuilleton de la *Tribune.* Le *National* et la *Tribune* acceptèrent les conditions; le *Réformateur* les repoussa avec un sentiment de mépris, qui était moins une satisfaction donnée à l'ancienne et inaltérable amitié qui nous liait à Saigey, qu'un hommage impartial décerné à l'éminence du mérite de ce collaborateur. L'Académie ne gagna, dans ce malheureux tripotage, que d'être critiquée un jour plus tôt et d'une manière plus complète qu'auparavant; Arago y gagna, pour sa part, des révélations de Saigey, et une apostille stéréotypée tous les huit jours, en tète du compte-rendu des séances, apostille qui nous a valu, de la part de ses amis, plus de visites qu'elle ne renfermait de lettres. Il est juste de le dire, dans cette circonstance, cette mesure illibérale n'était point prise dans l'intérêt de la réputation des membres de l'Institut en masse, dont la plupart, au contraire, avaient été plus d'une fois appréciés d'après leur beau talent, mais seulement dans l'intérêt de la réputation d'Arago lui-même. C'était le dernier et heureux coup que l'homme politique comptait porter à l'existence d'un écrivain, dont la compétence le gênait encore plus que l'indépendance, et qu'il n'avait cessé de poursuivre, depuis dix ans, dans tous les journaux qui s'étaient enrichis de sa collaboration. Saigey est un de ces élèves si honorablement expulsés de l'ancienne École Normale, qui résolurent de ne vivre désormais que de leur plume ou de leurs travaux industriels; et il a tenu parole. Il est peu de membres de la section de physique et d'astronomie qui puissent se comparer à

lui, sous le rapport des connaissances acquises, de la facilité d'interprétation et de la rectitude d'esprit. Le mérite d'Arago, chacun le sait, ne soutiendrait pas un instant le parallèle avec celui de Saigey; et ce dernier est déjà connu, malgré les privations dans lesquelles son indépendance l'a forcé de vivre, par trois ou quatre ouvrages, dont la centième partie aurait suffi pour forcer les portes de l'Institut. L'indépendance avec laquelle il examine les questions, n'a jamais offensé les hommes, dont le bagage scientifique est incontestable; la plupart d'entre eux n'ont jamais cessé de l'accueillir avec bienveillance; et s'il n'est pas membre de l'Institut, c'est qu'il ne l'a pas voulu, c'est qu'il a toujours préféré endosser l'habit du travailleur plutôt que rien de ce qui pourrait ressembler à une livrée. Son indépendance, il est vrai, a porté malheur à des gens qui soupiraient après le fauteuil académique; et Férussac, pour avoir osé conserver un peu trop long-temps ce collaborateur, est mort sans avoir eu le bonheur d'entrer à l'Institut, même par la section d'agriculture! Un des plus grands chefs d'accusation portés contre Saigey, ce n'était pas d'avoir souvent fait entendre que, pour l'honneur de l'astronomie française, les hommes, à qui le pouvoir avait dévolu le ciel en partage, devraient au moins s'estimer heureux qu'on les condamne à résidence; ce n'était pas d'avoir trouvé tous les ans en défaut certains articles de météorologie de l'*Annuaire des Longitudes*, etc.; c'était tout simplement pour s'être plaint de ce qu'à l'Observatoire, on refusait communication du mètre en platine, qui sert d'étalon à toutes nos mesures légales; en sorte qu'il s'était vu forcé d'avoir recours à un étalon ignoré, qui se trouve déposé aux Archives du royaume, pour confronter et poinçonner, pour ainsi dire, une collection de

mesures étalons destinées au gouvernement grec du r
Othon. Il paraît que ce fait, qui est notoire, cache que
que défaut de la cuirasse, qu'on a bien intérêt à teni
ecret; car, on se le rappelle, c'est pour avoir réitéré, e
son nom et en celui de ses officiers, un reproche analc
gue, que d'Urville s'est attiré une série d'articles em
preints d'une colère d'assez mauvais goût, auxquels il
pris le parti de ne pas répondre; d'Urville, homm
instruit, brave et intrépide marin, a opposé à toutes ce
misères une réponse sublime : il marchait à la moi
dans l'intérêt des sciences, dans l'intérêt de la naviga
tion à venir; il invitait ses lecteurs à aller remercier le
dieux, en montant sur son capitole. Il faut avouer qu
les personnalités ne pouvaient pas tomber plus à contre
temps.

Depuis cette époque, chacun a cherché à deviner l
mot de l'énigme; et le bruit court qu'on l'a trouvé dan
une erreur de trente mètres qui entache le calcul d'une
mesure du méridien; l'auteur de ce bruit est un mem
bre de l'Académie; cette révélation le portera san
doute à s'expliquer; car si le motif de ce refus n'était pa
fondé sur quelque chose de semblable, il serait inexpli
cable, et mériterait d'être sans cesse signalé.

Nous sommes entré dans ces détails, qui sortent d
notre spécialité, pour montrer que, dans ce petit coup
d'état, les intéressés n'étaient pas les membres des sections
avec lesquels nos travaux ont plus de points de contact
qu'il n'y avait en tout cela qu'un seul intéressé, et un seu
motif, qui n'était pas le motif allégué.

Nous avons dit ci-dessus que le *Réformateur* continu
sa mission scientifique, sans plus de colère et san
plus de ménagement. Le secrétaire de l'Académi
proposa à son corps d'élever autel contre autel, d

publier un journal à son compte, de s'emparer du monopole du feuilleton hebdomadaire : « Il en est temps, disait-il : la *licence de la presse* ne connaît plus de bornes; les physiciens épouvantés conservent en portefeuille une foule de mémoires du plus haut intérêt, tant ils redoutent l'effet de la critique... » Mais, répondait-on, la publication du compte-rendu des séances de l'Académie, au nom de l'Académie, n'arrêtera pas l'activité de la critique; bien au contraire, elle lui offrira l'aliment tout préparé, l'analyse toute faite; il ne lui restera plus qu'à prononcer. La chute du *Réformuteur* pouvait seule permettre de réaliser ce projet; le *Réformateur* céda à des circonstances qui intéressaient à la fois sa bonne foi et sa probité; l'Académie dès ce moment n'eut plus de mauvais rêves. Elle publia les *comptes-rendus* de ses séances hebdomadaires; et les physiciens timorés purent à l'abri de toute crainte, sortir, de leurs portefeuilles, ces éminents travaux, dont la publication devait tant contribuer à la gloire de cet illustre corps. Ce n'est pas tout; les lois de septembre ayant placé toute la presse libérale et opposante sous la férule du pouvoir, il a été facile à l'Académie de confier tous les feuilletons du mercredi à des plumes dociles et dévouées ; et depuis cette époque, les feuilletons des feuilles les plus libérales se ressemblent tellement, jusque dans les inflexions du style, qu'on dirait qu'ils leur arrivent en épreuves, de la presse des *comptes-rendus*. Le feuilleton du *Courrier français* est peut-être le seul qui se distingue par un cachet d'originalité, dont le parfum élevé nous paraîtrait, à nous, plus qu'incommode. Il n'est pas possible de louer davantage ; il n'est pas une note de l'Académie qui n'y trouve un commentaire des plus flatteurs; le préambule annonce des phénomènes, le résumé des prodiges; l'analyse se

perd, invisible au milieu de toutes ces précautions destinées à en relever l'effet; et il n'est pas jusqu'à la forêt des moisissures, découverte dans le lait par un académicien, qui n'ait trouvé dans ce feuilleton un écho de louanges, auquel le public a répondu par un écho moins flatteur. Et pourtant tout ce concert si flatteur n'a pas pu prêter aux *comptes-rendus de l'Académie*, écrits par elle-même, l'intérêt qu'on s'en était promis. Il paraît que les physiciens n'ont rien sorti de leurs portefeuilles; mais il n'en a pas été de même des médiocrités; nous avons perdu patience à dépouiller tous ces longs mémoires de physiologie, dont quelques uns n'aboutissent à rien, et dont le plus grand nombre aboutissent à une de ces choses que, pour l'honneur du corps, on est forcé de rétracter. On en trouvera quelques échantillons dans le cours de cet ouvrage; mais vraiment nous regrettons encore le temps que nous avons perdu à ce faible dépouillement. Réminiscences, faits tronqués, illusions d'écolier, que sais-je? il n'est souvent pas jusqu'au style qui ne force la critique à laisser tout cela de côté (*). A la rédaction, l'Académie associa l'action: les séances ont pris dès lors un air dramatique; de petites surprises ont été ménagées au public; la correspondance a menacé un instant d'absorber tout le temps que le sablier

(*) Les *Comptes rendus* étant la propriété de toute l'Académie, et la rédaction n'y étant soumise à la censure d'aucun d'eux, tout ce qui émane d'un académicien y passe, avec les incorrections habituelles à chaque genre d'écrire; et l'on y trouve des phrases pour le moins aussi curieuses que celle qui suit: « On a demandé des preuves, mais des preuves qui puissent réellement convaincre UN VÉRITABLE NATURALISTE, C'EST-A-DIRE, UN SINGE tué sur le rocher de Gibraltar, et soumis à la comparaison dans nos collections; or c'est une satisfaction qu'aucun naturaliste n'a pu, même en Angleterre, avoir jusqu'à ce moment, et que nous devons solliciter par tous les moyens que nous avons à notre pouvoir. » (Blainville, *comptes-rendus*, séance du 18 septembre 1837, page 453.)

mesure aux doctes communications académiques; la correspondance sous le couvert d'un étranger puissant, ou la correspondance adressée, non pas à l'Académie elle-même, mais à son secrétaire; car c'est la seule qui se lise en entier. Aujourd'hui le couvert d'une lettre est le passeport de la vérité; il est tant de gens qui se rappellent que le consul Manlius n'est parvenu à la postérité la plus reculée, que sur le cachet d'un délicieux vase d'Horace (*).

Les étoiles filantes se sont rabattues ensuite tous les huit jours sur le bureau; d'abord elles ne voyageaient dans le ciel que par troupeaux de myriades et au mois de novembre; du moins c'est dans cet ordre qu'elles avaient filé une fois sur la tête d'un astronome américain (**); de là enquête en France. Huit jours après l'enquête annonce qu'on en a vu en octobre; puis on a dépouillé les livres, et on a deviné qu'il devait en passer au mois d'août. Enfin un témoin oculaire, encore tout tremblant de frayeur, annonce à l'Académie qu'il vient de voir tomber un de ces *bolides* à ses propres pieds, sur le Pont-Royal, à Paris, près des Tuileries! Et il n'est pas un paysan, du Midi surtout, qui, interrogé, dans son gros patois, par les savants compilateurs de la correspondance, ne leur eût démontré, sans algèbre, que le phénomène des étoiles filantes coïncide toujours avec l'élévation de température; que jamais on n'en voit tant sillonner la voûte des cieux, que par un jour de chaleur étouffante; que si le *mistral* souffle le lendemain avec son haleine de glace, les étoiles cessent de filer, pour recommencer encore leur apparition nocturne, dès que le mistral abandonne l'atmosphère à ces filles vagabondes de l'air.

(*) *O nata mecum, consule Manlio.* Od. XV, lib. III.

(**) *Comptes rendus*, 11 décembre 1837.

Un jour, un jeune Sicilien doué d'heureuses dispositions, et dont on aurait fait un excellent élève de l'École polytechnique, on le donne en spectacle au public; on commence la carrière de ses études par les illusions dangereuses d'une précoce et factice illustration; et à la manière dont la pièce avait été préparée, bien des gens crurent un instant que cet enfant était né, non pas seulement avec une prédisposition au talent, mais avec toutes les formules de langage consignées dans nos livres.

Un autre jour, la représentation était au bénéfice des Chinois. Nul n'avait de l'esprit comme les Chinois; aucun peuple de la terre n'avait connu l'agriculture comme le peuple chinois; une traduction de leurs ouvrages était une mine inépuisable, qui allait opérer la plus heureuse révolution dans notre pauvre agriculture française. Le traducteur, on le devine, est académicien c'est le seul savant chinois de la France (la concurrence viendra plus tard); et c'est le ministère du commerce qui faisait les frais de la traduction. Parmi les choses les plus dignes d'attention, Biot plaçait la suivante (*); elle est relative à la question des mûriers car depuis qu'un auguste engouement s'est mis à planter des mûriers, pour élever les vers à soie dans le Nord chacun s'empresse de jeter pour sa part un peu d'argent dans cette malheureuse idée. Or, d'après la traduction, les Chinois avaient découvert que, dans la mûre il n'y avait que les graines du milieu qui se trouvent parvenues à la plus complète maturité; les inférieures et les supérieures étant grêles et incomplètes : idée lumineuse que le premier débutant en physiologie aurait expliqué d'un mot. Biot voulut voir si, dans un épi de blé, on

(*) *Journal pratique d'agriculture*, 9 mars 1838 : page 402.

observerait les mêmes progressions dans la maturation des grains; et, voyez comme les Chinois sont avancés en physiologie! il se trouva que nos épis de blé présentaient exactement le même phénomène que les chatons du mûrier. Si la critique avait été représentée dans la presse actuelle, elle aurait rappelé à l'illustre académicien que cette idée date de Varron; que, chez les Romains, les grains imparfaits de la sommité de l'épi s'appelaient grains *frits*; que ces grains étaient considérés alors comme donnant naissance au seigle et à l'ivraie, ce qui doit se trouver aussi chez les Chinois; elle aurait rappelé que l'idée de Biot se trouve consignée en propres lettres, dans le *Bulletin des sciences naturelles et de géologie* du mois d'avril 1827, n. 49, pag. 59: et enfin elle aurait invité les fonds de l'État, au lieu de nous faire traduire, à tant de frais, les écrits des Chinois qui cultivent sous un autre ciel que nous, à nous faire traduire les divers patois agricoles des provinces de France, sous la bure desquels la science théorique rencontrerait certainement des choses aussi bonnes que la science pratique.

Un autre jour, venait la forêt de moisissures dans les globules du lait (11 déc. 1837).

Un autre jour, on annonce un mémoire important d'un membre sur un sujet de chimie organique. En voici le résumé (*): « Je me consacre depuis long-temps à l'étude analytique des corps organiques; j'ai fait beaucoup d'analyses de mon côté, pendant qu'en Allemagne Liebig en faisait du sien : il s'est trouvé que celles de Liebig étaient sans cesse en contradiction avec les miennes. De là discussion, discussion animée, et tellement animée que nous avons pris soin que le public français

(*) Séance du 23 octobre 1837.

n'en fût pas informé. Mais nous avons reconnu la nécessité de mettre fin à une dissidence si déplorable pour la science, et nous avons tendu une main de réconciliation à l'analyse allemande; nos deux analyses ont fait la paix entre elles, en même temps que leurs auteurs; elles se sont trouvées d'accord en même temps que nous. Une nouvelle ère de vérité s'ouvre pour la science, depuis notre réconciliation ; notre amitié va enlacer, comme dans un faisceau, toutes les capacités chimiques de l'Europe; dans le partage, l'Orient est échu à Liebig, l'Occident à moi; c'est vous dire que dans quatre ans la chimie organique sera faite, et tellement achevée qu'il ne restera plus rien à découvrir qui n'y rentre comme un cas particulier. »

Là se terminait le mémoire, que le feuilleton de la *presse périodique* enregistra le lendemain, avec le plus grand sérieux du monde.

L'autorité, jalouse de concourir à d'aussi bons résultats, ne pouvait pas manquer de créer tout exprès, à l'École de Médecine, une chaire de *chimie organique*, qui n'aurait aucun rapport avec la *chimie médicale*, laquelle se trouverait n'avoir jamais eu aucun rapport avec la chimie pharmaceutique. Là, à la suite de la formalité indispensable du concours, le membre de l'Institut a renouvelé publiquement et par écrit, que, dans quatre ans, la *chimie organique* serait parachevée; et un seul des concurrents, qui n'avait en faveur de ses connaissances acquises, que l'appui de sa bonne foi et de sa modestie, un seul s'est mis à rire, en avouant (*) qu'à un homme qui promettait tant, il était bien juste qu'on donnât à la fois la possession exclusive de tant de chaires et de tant

(*) Baudrimont : *thèse soutenue* le 20 mars 1838, à la Faculté de médecine de Paris, page 125.

de laboratoires. Tenez ; tout cela sue de pitié par tous les pores, et le charlatanisme a fini par étendre ses broderies sur toutes ses coutures.

Mais comment toutes ces choses ne se commettraient-elles pas impunément ? La critique est étouffée ; elle s'est mise aux gages, comme toutes les autres espèces de spéculations. On a pensé qu'il importait au salut de l'État d'amortir autant la *presse scientifique* que la *presse politique*. Les fonds secrets à la disposition des divers ministères, et surtout de la division des sciences et des arts, ont été consacrés en grande partie à tuer l'indépendance des journaux de science, en multipliant les *journaux savants*, journaux riches de subvention, pauvres de style, plus pauvres encore de faits observés, et qui vivent sans abonnés et sans autres lecteurs que ceux à qui on les donne, jusqu'à ce que la somme votée soit épuisée par quatre ou cinq numéros. C'est là que, faute d'observations propres, se réfugient, et le plagiat, la tête haute et faisant des gorges chaudes ; puis la mauvaise foi dans les citations, mauvaise foi convenue, arrêtée à l'unanimité ; puis la réticence à l'œil oblique, un doigt sur la bouche, et la consigne à la main ; puis, et puis, et puis enfin tous les moyens que vous devinez encore mieux que nous ne pourrions vous le faire entendre, et auxquels nous nous garderons bien de toucher ; tant, pour l'honneur du pays et de ce siècle, grande officine de réformations, où se préparent pour l'avenir de si belles et de grandes choses, tant, disons-nous, nous désirerions faire oublier ces moyens vergogneux, si l'on voulait se résoudre à les faire une bonne fois finir.

Que si, à la rigueur, vous pensez qu'il importe à votre sécurité de soutenir la gloire académique, par les mêmes moyens que tout autre genre de gloire ; si vous croyez

que, sans une vingtaine de journaux scientifiques salariés tout le prestige de la science en habit brodé tomberai comme un masque, et que les héros s'évanouiraient; s vous croyez que de semblables héros soient, comme leur homonymes d'un autre calibre, les soutiens les plus puis sants de l'ordre établi, eux qui depuis quarante ans vous ont assez démontré que, dans toutes les commotion possibles, ils ne se sont soutenus qu'eux-mêmes et leur enfants; si telle est votre conviction reconnue la mai sur le cœur; oh ! alors, je le conçois, vous ne sauriez tro épuiser vos bourses, pour compléter ce système de défens légitime; défendez-vous, en les défendant et en les proté geant de l'égide de cent et cent journaux à la fois. Mai aussi, par respect pour la vérité, sœur inséparable d'une sage liberté, enjoignez à la main qui travaille à cet étai de ne pas ruiner toutes les entreprises rivales; permettez que la science qui ne demande rien, puisqu'elle n'a besoin de rien, ait aussi ses organes et sa propriété ; permettez que les fonds qui servent à enrichir sa rivale ne servent pas du même coup à la ruiner, à la spolier; qu'il soit permis d'é crire science critique, science morale, académique de discuter tous les points qui intéressent et le cœur e l'esprit des humains, même le chapitre de la prostitu tion, qui est le préambule de l'article des *maladies se crètes*, sans se voir exposé à faire traîner un journal mé dical sur le banc de la police correctionnelle, pour avoi oublié, ainsi que l'autorité, six ans auparavant, une dé claration relative à un changement d'imprimeur(*)! Quoi nous laissons volontiers, aux seigneurs de la science, le centaines de milliers de francs que vous jugez néces saires et indispensables à leur représentation et au sou tien de leur dignité; nous ne voyons d'aucun œil ja

(*) Voyez *Gazette des hôpitaux*, n[os] des 22 sept.; 11 et 13 oct 22 nov., etc., 1836.

bux leurs livres, si mal écrits qu'ils soient, s'écouler par les bancs de l'enseignement, sous le couvert classique; nous trouvons fort naturel que, pour aller étudier un polype à soi seul, et sans crainte de contrôle, vous équipiez un vaisseau tout exprès chargé de porter l'observateur sur des parages un peu lointains; que 15,000 fr. soient adjugés à celui-ci, pour aller voir pondre les poules en Allemagne et en Angleterre; que les chaires soientcentralisées sous les pieds d'un seul et unique professeur, qui n'ait à apprendre qu'une leçon par jour, afin d'alimenter quatre cours de même nature; nous ne voyonspas grandinconvénient à ce que l'auditoire habitué des cours, qui ne lit jamais la science, mais qui l'écoute, soit fermement convaincu, à force d'entendre le même homme, à dix heures à l'École-de-Médecine, à deux heures au Collége de France, à trois au Muséum, à quatre à la Sorbonne, que, sur chaque question, la science n'a plus qu'une seule manière de voir, qu'elle est faite et bien faite, et que désormais il ne reste plus rien à faire; on ne saurait payer trop cher d'aussi beaux résultats; prodiguez l'or pour préparer, soutenir et récompenser dignement ces merveilles.

Mais pourtant s'il se trouve un certain nombre d'esprits qui ne soient pas de votre avis, et qui veuillent entendre autre chose; qui pensent que la vérité appartient à tous, et n'est point le privilége exclusif de quelques hommes; n'empêchez pas ces lecteurs d'avoir aussi une feuille qui leur convienne; laissez aux imprimeurs toute sécurité pour l'imprimer, et à un libraire toute sécurité pour la publier. Ces feuilles ne vous demanderont pas une obole, les abonnés ne leur manqueront pas; elles ne seront que scientifiques, et elles seront de plus originales. Pour qu'elles réussissent, il

suffit que vos moyens occultes ne les ruinent pas. Eh bien! consentez à ne pas les ruiner; nous vous le demandons au nom de la dignité nationale qui s'alarme et de l'état d'impuissance où se traîne la publicité, et de l'égide pour ainsi dire légale, sous laquelle se mettent à l'abri tous les genres de charlatanisme, théoriques et pratiques, industriels et scientifiques, médicaux et pharmaceutiques. Croyez-vous qu'on osât imprimer impunément que le Conseil général des hôpitaux a conféré à l'un de ses protégés, le droit de reconnaître officiellement, au microscope, la qualité des nourrices de la capitale (*), s'il existait une presse scientifique indépendante, pour déclarer, qu'une telle galactomancie serait, dans l'état actuel de la science, une imposture, si le devin ne prenait préalablement l'avis des médecins et sages-femmes du lieu, à peu près comme l'expert, qui a grand soin d'aller flairer l'air du cabinet du juge d'instruction, avant de décider une question de médecine légale?

Les chaires richement dotées sont si souvent désertées par les professeurs, parce que les bancs sont désertés par les élèves. Cependant nous désirons que, pour le bonheur et le repos du possesseur titulaire, elles soient plus amplement rétribuées encore; nous ne demandons pas une obole de cet argent. Mais quand les élèves penseront avoir quelque chose à apprendre de nous, sur la science que nous avons créée sans vous, ne nous empêchez pas de nous rendre à d'aussi légitimes vœux; ne nous forcez pas à ne professer qu'en face de l'auditoire qu'il vous plaira de nous choisir vous-même, auditoire officiel qui ne vient là que pour chasser les

(*) Voyez les journaux politiques du 10 avril 1838, et l'*Expérience* du 10 mars, page 416.

auditeurs véritables. Ne vous occupez pas plus de nous que, dans nos cours scientifiques, nous ne nous occupons de vous. Qu'il nous soit permis enfin de parler de ce que nous avons découvert, dans le lieu que nous aurons choisi, et devant un auditoire de savants et d'élèves, la *carte de leur école au chapeau*. En Allemagne, les professeurs sont libres; en France, il faut qu'ils aient pris l'habit; et cet habit ne va pas à toutes les épaules, et les épaules qui l'endossent ne sont pas toutes de puissants Atlas. Aussi, quel beau pays pour la science aujourd'hui que le beau pays de France!

La science y est partagée en fiefs héréditaires presque tous concentrés à Paris; elle y a ses jours de grande cérémonie, ses grands et petits levers, ses tournois pacifiques, où la lance est remplacée par l'encensoir, et où chacun s'encense, à donner le vertige aux spectateurs. Là ces illustres seigneurs tiennent tant à leurs quartiers, qu'ils ont fini par être toujours les mêmes à la lice; ils ne font que changer d'écussons, en changeant de champ clos. Allons-nous à l'Académie des sciences, quel est celui qui jette le gant? c'est le savant A. Nous passons à la Faculté de médecine; c'est le même savant A. Nous rendons-nous pour entendre du nouveau à la Société d'encouragement; c'est encore le savant A, qui nous y a précédés au pas de course. A la Société d'agriculture, c'est encore le même savant A. Enfin il n'est pas jusqu'à l'un de ces tout petits champs clos borgnes et ignorés du public, où vous ne retrouviez le même savant A ou le même savant B, brandissant la même lance, portant les mêmes coups, allant du même trot, et parant souvent jusqu'à six fois la même chute. Que dis-je? il n'est pas jusqu'aux congrès les plus lointains, où il n'arrive en poste aussi vite

que vous, afin d'assister au bal des savants, et à l'embrassement général, où chacun se dit, en se serrant la main : *Je vous ai cité, monsieur;* pour qu'il lui soit répondu : *Et moi aussi, très illustre collègue, dans ce mémoire de quelques pages que j'ai l'honneur de vous présenter.*

Les plaisirs, payés aux frais de l'État, doivent être respectés, comme tous les plaisirs du monde; mais respectez aussi la science sérieuse, qui ne danse pas, ne représente pas, qui vit des deniers qu'elle sue, s'alimente de méditations solitaires et incessantes, poursuit le vrai par amour pour le vrai, et abhorre l'intrigue comme la plus grande ennemie du vrai. Elle ne vous demande rien; ne la spoliez pas; laissez-lui son allure franche, sa démarche assurée, son langage ferme et accentué, sa phrase qui vibre quelquefois, comme un coup de fouet, à l'oreille du charlatanisme ou de l'imposture : c'est là son habit brodé à elle, et cet habit ne vous coûte rien; pourquoi chercher à le lui déchirer avec des griffes occultes? Si vous en aviez le droit, vous vous y prendriez d'une manière patente; contentez-vous donc de vos droits; ne sont-ils pas assez nombreux et assez beaux comme cela?

Vous avez le droit d'user, comme il vous semble, des fonds que les contribuables vous ont confiés pour l'encouragement, mais non pour le découragement des sciences; et nous, nous avons le droit d'adresser d'humbles remontrances à ceux qui vous en confient l'emploi. Or voici à ce sujet ce que nous avons à leur représenter. Les académies, fondées sous l'empire d'un ordre de choses qui n'est plus, ont servi peut-être au progrès des sciences, dans le temps où elles se trouvaient en harmonie avec la marche des affaires. Les abus qui s'

glissaient n'échappaient jamais alors à une prompte réforme, parce qu'elles avaient, pour être contrôlées, cette multitude de congrégations savantes, qui se régénéraient avec la sève du peuple, et qui, toujours anciennes, n'en restaient pas moins toujours nouvelles, toujours jeunes de vigueur et d'une pieuse indépendance. Les savants, nés tout près de la charrue, apportaient en dot à l'institution qui les adoptait, cette fécondité intellectuelle que prodigue le soleil des champs, et qui, forcée de s'unir à la vertu imposée par le devoir et aux privations imposées par la règle, a produit par milliers des hommes de génie. Ces antiques institutions ont dû s'effacer devant les nouvelles mœurs, dont le progrès a doté notre belle France : on les a effacées du sol français, on a fait place nette ; mais on ne les a remplacées par rien d'équivalent. L'indépendance de l'étude n'a plus d'asile nulle part; ni les corps salariés pour être savants, de contrôle et de surveillance; aussi les études languissent; les corps savants s'endorment ou ils se fâchent, et la sève française s'épuise sans résultat. Ce n'est pas à dire que l'instruction ne se répande pas dans toutes les classes de la société ; bien au contraire ; jamais on ne s'était plus instruit qu'aujourd'hui, et c'est là un fait qui peut seul nous consoler des circonstances actuelles; l'industrie et l'agriculture se sont imprimé depuis quelques années un mouvement, que bientôt la décrépitude de nos institutions scientifiques ne sera plus en état de suivre, et c'est par cette voie que la sève populaire, qui alimentait les congrégations, reprendra son cours. Sans aucun doute, bientôt nos institutions universitaires et académiques s'éteindront comme d'elles-mêmes et mettront les clefs sur la porte ; et il n'y aura plus de savants possibles en habit brodé, quand

tout le monde sera savant dans sa spécialité ; car l'habi brodé n'est pas l'habit de tout le monde. Mais cette épo que sera précédée nécessairement par une époque d transition : il est en effet reconnu que nulle réforme n saurait arriver d'une manière brusque et saccadée, parm les générations qui se fondent les unes dans les autres Nous touchons de plus près à cette époque; et pou la préparer autant qu'il est en nous, voici ce que nou demandons à ceux qui votent les lois et à ceux qu votent les législateurs :

1° Que toute espèce de moyen de police spéciale soi exclu de l'enseignement et de la science; l'autre police est plus que suffisante pour tous les cas de sa compétence.

2° Que l'enseignement soit libre, et sans autre juridic tion que celle qui est inscrite dans les cinq Codes; qu'i soit permis d'enseigner à l'élève, dès sa plus tendre en fance, tout ce en quoi il pourra se montrer utile aux au tres quelque jour ; qu'on supprime sans retour tous ce vieux *us* de l'université du moyen âge, encore ébourif fée d'hermine grecque et latine; qu'on enseigne le langues anciennes à la manière des langues modernes et les sciences avec la méthode des langues. Il est péni ble de voir aujourd'hui comment l'histoire et l'histoir naturelle sont professées, par ordre de l'Université, dan nos lycées; on ne le croirait pas, si l'on n'avait assisté par ses enfants, à ces semblans de cours.

3° Qu'un élève ne passe à une branche de l'enseigne ment, qu'après s'être, pour ainsi dire, identifié ave l'étude qu'il a parcourue.

4° Que l'on proscrive les récitations de livres classi ques, pauvres livres, s'il en fut jamais, comme tous ceu qu'on rédige sans se gêner, quand une fois on est in scrit sur la liste des auteurs que l'Université adopte

Que chacun puisse apprendre la vérité dans le livre qui la lui démontrera d'une manière plus claire : n'exigez de lui que la démonstration.

5° Mettez les bibliothèques, les collections d'histoire naturelle, les laboratoires, etc., à la disposition de tous ceux qui voudront y avoir recours, et aux heures les plus favorables de la journée ; et pour cela introduisez la méthode dans les catalogues, et les catalogues où ils n'existent pas. Sans catalogue, un établissement ne sert à rien qu'au gaspillage.

6° N'introduisez une innovation, une amélioration, une permission dans l'enseignement, qu'après une enquête poursuivie par des hommes compétents librement désignés par tous les intéressés. Ne décidez du sort d'un homme et de sa destination future, que sur sa demande et par la voie d'un concours, dont les juges soient nommés par tous les hommes compétents sur cette spécialité scientifique, dans le ressort de leur juridiction, c'est-à-dire dans le ressort de la localité qui doit en profiter.

7° Remplacez, par ces institutions libres et émanant du vote compétent, toutes vos académies, de quelque ordre qu'elles soient, car leur cadre n'est plus en harmonie avec les besoins de l'époque ; ou bien laissez-les fonctionner comme de simples chambres consultatives placées auprès de l'autorité ; comme des conseils d'État à son usage, et dont aucun des membres n'aura droit de siéger parmi vous.

8° Que la multiplicité des places soit effacée à toujours de nos usages, comme la plaie dévorante de notre époque, et l'une des causes de notre démoralisation ; ou bien que l'homme dont l'activité semblera devoir suffire aux exigences de plusieurs occupations, ne reçoive pourtant que les émoluments attachés à une seule.

9° Que le médecin ne soit plus condamné, par sa po sition, à être un marchand de santé, ni le pharmacie un marchand de remèdes; mais que l'un et l'autı soient élevés à la dignité de magistrats civils, comme ils sont à celle d'officiers dans le régime militaire; qu l'État les rétribue par ordre de la hiérarchie, et que hiérarchie soit l'expression du concours, mais d'un cor cours non illusoire et tout-à-fait indépendant. Que rie ne leur soit refusé de ce qui est nécessaire à leurs étude expérimentales et à leur bonheur bien entendu; ma qu'ils ne perçoivent plus un cadeau même du malade Le contribuable en effet à qui son impôt confère le dro de respirer un air pur, et de dormir sans crainte d'ètr spolié, possède au même titre le droit de se faire dé fendre contre la maladie, qui est si souvent le fait de l société elle-même. Quelques centimes additionnels se raient plus que suffisants pour couvrir les frais nouveau de ces engagements contractés par l'État, envers les deu classes les plus instruites et les plus dévouées de la so ciété actuelle, et dont les membres, crainte de voir leu science condamnée à mourir de faim, se trouvent for cément réduits aujourd'hui d'en faire marchandise, a grand détriment de leurs études et de la société.

10° Pour simplifier le service, que le séjour des hôpi taux soit anobli par l'opinion publique; que les hospice deviennent non plus des égouts de la misère, mais de temples de la santé, ouverts à tous ceux qui souffrent au riche comme au pauvre, de même que les temple de Dieu sont ouverts à tous ceux qui prient. Quand le médecin ne sera plus qu'un magistrat, et le prêtre de ces lieux, le riche ne craindra pas plus de s'y faire soi gner à côté du pauvre, qu'il ne craint de comparaître devant le même tribunal civil ou religieux avec ce dernier.

11° Que nulle occupation du ressort de la médecine, de la pharmacie et de la chimie ne soit adjugée qu'en vertu du concours, et jamais sur le simple vouloir du chef d'une administration publique; que la cité nomme son conseil de salubrité, comme elle nomme ses conseillers municipaux. Que l'accusé puisse choisir ses experts légaux, comme l'instruction choisit les siens; que le débat s'établisse contradictoirement entre eux; et que les uns et les autres soient rémunérés au même taux et sur la même cassette.

12° Supprimez définitivement les encouragements occultes pour les sciences et les arts. Que la chambre vote en toutes lettres, et nominativement, les encouragements scientifiques qui seront soumis à la publicité de ses discussions.

13° Laissez la science libre d'écrire tout ce qui trouvera à s'imprimer; le mauvais tombera bien vite de lui-même, et le bon ne sera arrêté par aucun mauvais vouloir. Quel meilleur juge que le public de ce qui convient à son intelligence? Jamais il ne s'est plus vendu de mauvais livres, que lorsqu'on a apporté les mêmes entraves aux bons qu'aux mauvais.

14° Qu'en attendant cette réforme radicale dans nos institutions scientifiques, on procède aux réformes de détail. Par exemple, qu'il soit défendu à un juge académicien, de connaître d'un mémoire appartenant à un auteur, avec lequel, pour nous servir des expressions propres du 8e paragraphe de l'article 378 du Code de procédure civile, *il aura bu ou mangé depuis le commencement du procès, ou dont il aura reçu des présents*. Qu'il soit interdit à un journaliste de solliciter un prix, de la commission, sur les membres de laquelle il aura publié des articles critiques ou louangeurs; défendu à

un membre de l'Académie de faire un rapport quelconque sur un journaliste qui aura pu écrire pour ou contre lui; et cela en vertu des paragraphes divers de l'article précédent, qui a force de loi, partout où le jugement, de quelque ressort qu'il soit, touche, par un point ou par un autre, aux intérêts matériels, et se résout en une somme d'argent.

15° Nous omettrons ces annonces pour les journaux, qui prenaient le nom, à l'Académie des sciences, de *rapports verbaux sur un ouvrage imprimé*. Nos sévères réclamations ont obtenu, sous ce rapport, gain de cause; et une décision formelle vient d'être prise, il y a huit jours à peine, pour qu'à l'avenir cet usage soit définitivement aboli (*).

16° Mais qu'à l'égard des rapports sur les ouvrages manuscrits, rapports qui sont si souvent des annonces par anticipation, il soit enjoint au secrétaire de ne les livrer qu'avec l'apostille qui suit, sauf modification de rédaction : « Tout rapport lu en présence de l'Académie, doit être considéré comme l'expression de l'opinion particulière de l'académicien qui le signe, le seul qui ait connu du mémoire, et qui en ait analysé la substance, en présence de soixante-treize juges incompétents. » Que les journaux soient invités à substituer cette épigraphe, en tête des annonces, à celle qui jusqu'ici a si malheureusement servi l'agiotage, en ces termes : *Approuvé par l'Académie des sciences*. Ceci ne s'applique point à l'Académie de médecine, où rien ne s'approuve qu'après une longue discussion; cependant nous désirerions encore que l'Académie eût le droit de faire insérer en entier le procès-verbal de la délibé

(*) Voyez la préface qui se trouve en tête du *Manuel de l'analyse des substances organiques* de Liebig; publié chez J.-B. Baillière, 1838.

ration, dans tout journal où l'annonce se serait glissée, sous le manteau de l'autorité académique, d'une manière subreptice et insidieuse. Chose singulière, comme toutes celles qui caractérisent notre époque de transition! les plus grands charlatans de la capitale ne sont plus les médecins; et Molière se verrait forcé aujourd'hui d'aller prendre ses *types* ailleurs. Cette admirable révolution dans les mœurs médicales est l'œuvre de la publicité et de l'association compétente; rien de tel ne sortira jamais du mutisme officiel des Académies du palais Mazarin; les hommes d'un mérite vrai et d'une réputation acquise refusent les uns depuis quatorze ans, et les autres depuis sept ans, de faire partie de ce corps, malgré toutes les invitations dont on les obsède. Il est des sections tellement désertées par les hommes spéciaux, qu'elles n'y sont plus représentées que par le titre, telle que la section d'agriculture, où la charrue, sur le refus de ses conducteurs, en viendra, passez-nous l'expression, à ne plus y pénétrer que par son attelage.

17° Enfin, et en glissant sur une foule de réformes de détail qu'il est plus facile de prévoir que d'exprimer en périphrase, qu'il soit établi qu'un fils, ou gendre d'un membre de l'Institut, soit pour ainsi dire dispensé du service académique, au moins du vivant de ses parents.

Nous terminons là pour le présent; nous pressentons combien de colères, ces idées rendues avec tous les ménagements possibles, vont soulever dans le cercle des intéressés; combien de courses nous allons nécessiter, pour conjurer l'orage et prévenir un si grand mal! Mais nous n'avons jamais reculé, nous, devant la révélation de vérités utiles, faite la main sur la conscience, au grand jour et à notre corps défendant. Nous ne dénonçons pas les coupables, nous signalons les abus;

nous ne demandons à aucun pouvoir, pas même à celı qui *contribue*, la ruine de nos adversaires; nous ne vou lons pas qu'on enlève une bribe à leurs sinécures, un palme à leur illustration ; nous ne leur avons jamai demandé une seule chose ; nous n'avons jamais con couru à un seul prix, parce que nous avons reconn depuis long-temps que ces programmes académiques n'a vaient jamais fait naître une bonne idée (1). J'ai atta qué de front le plus grand nombre, car là le plu grand nombre est comme dans toute autre aggloméı ration dépendante ; ce n'était certes pas avec la pré tention d'aller y marquer ma place, et m'y prépare une majorité. Ceux qui me connaissent savent ave quelle fermeté j'ai toujours répondu *non* à toutes le invitations qu'on est autorisé à me faire, pour me mett sur les rangs, à toutes les places vacantes; il y a qu torze ans que je pense comme aujourd'hui. J'ai pl d'*honneurs* qu'il ne m'en faut pour vivre; et tout c qu'on appelle honneurs par-delà ce monde, n'est rie moins qu'*honneur* à mes yeux. J'ai rendu justice l'éminence du plus petit nombre, et il est bien petit

(*) Lorsqu'on connaît avec quelle voracité nos savants se jettent sur u idée qui leur paraît bonne à exploiter, on aura peu de peine à compren que l'idée qu'ils déposent dans un programme, ils la garderaient pour e si elle leur paraissait juste; et rien ne paraîtra plus comique que programmes que le pouvoir oblige les voyageurs de solliciter de la p des académies; espèces de Corbillons qu'on fait circuler devant l'a guste assemblée, en disant à chaque membre; *qu'y met-on?* Com si la vérité pouvait être prévue d'avance; comme si la route qui y c duit était tracée sur une carte; et comme si les accidents de voyage p vaient concorder le moins du monde, avec les indications données par homme qui n'a jamais voyagé. La plupart de ces questions deman raient dix ans de séjour au moins dans une localité, pour être résol affirmativement ou négativement; et l'on sait que le voyageur pourr peine y séjourner quelques heures!

ce n'était pas faire la cour au plus grand nombre. J'ai bravé tous les puissants de ce corps pendant leur vie, alors que la presse, même la presse libérale, faisait fondre des caractères neufs, pour exprimer son admiration envers la moindre de leurs élucubrations, et que ces hommes étaient les dispensateurs des faveurs de l'Université et des faveurs occultes du pouvoir, dont ils avaient parcouru toute la hiérarchie. J'ai dit, du temps de Cuvier, que Cuvier opposant n'aurait été qu'un descripteur ordinaire, parce qu'il aurait été forcé de décrire tout seul et sans préparateurs; que jamais auteur d'histoire naturelle n'a eu moins de grandes idées que lui, et que jamais auteur d'histoire naturelle n'a plus protégé de fausses idées et de nullités. Orateur, ou plutôt lecteur nasillard et maussade, écrivain sans nerf et sans élévation, descripteur incomplet, et qui, sous ce rapport, a tout laissé à refaire; rapporteur aux gages de tous les pouvoirs, qui n'approuvait et ne désapprouvait que par ordre; persécuteur occulte de tous les talents indépendants; obséquieux jusqu'à terre, même envers un appariteur, la veille du jour où il avait besoin d'arriver jusqu'à l'antichambre; apposant sa signature au bas de tout ce que voulait sa place, jusqu'au bas des ordonnances dirigées contre ses coréligionnaires; voilà ce que je disais alors, et j'avais en cela au moins le mérite de l'abnégation et du courage; voilà ce que je répète aujourd'hui, que j'en vois l'image au Panthéon, à côté de Malesherbes qui resta fidèle à son roi, à côté de Manuel qui resta fidèle à sa cause. Je doute que ceux qu'il a écrasés de ses faveurs se décident aujourd'hui à prendre la plume pour venger sa mémoire. Le temps des Cuvier est passé, il faut trop dépenser pour en faire; grâces à Dieu, le type paraît en être

épuisé; l'opinion publique, qui ne se règle plus sur l'opinion des journaux, a proscrit définitivement ce genre-là, et le gouvernement lui-même pressent la nécessité de faire droit à l'opinion publique; nous n'oserions pas, nous, crainte d'être inquiété, écrire, sur tel ou tel savant officiel, ce que les journaux ministériels impriment aujourd'hui sur leur compte. Le passage suivant emprunté textuellement à l'une de ces feuilles semi-officielles, en fera foi :

« Mais entendons-nous, il y a savant et savant ; il ne faut pas confondre le vrai savant avec le faux savant. Le vrai savant est noble et bon, comme tout homme doué d'une grande passion ; la science est pour lui une amante ; il ne voit qu'elle au monde, il vit pour elle, il lui a dédié sa pensée, il en est jaloux.....

» Hélas ! il n'en est pas de même du faux savant ; comme il n'a que de petites passions, il n'a aussi que de petites idées ; il se fâche avant qu'on ne l'attaque, il est envieux avant le succès ; il est sans cesse sur ses gardes ; il sait bien que sa réputation est usurpée, et il est toujours inquiet, comme un voleur qui a peur de voir son crime découvert. Il ressemble ainsi à ce qu'étaient autrefois les acquéreurs de *biens nationaux*, qui tremblaient toujours de voir revenir les anciens propriétaires de leurs domaines. Le vrai savant travaille nuit et jour assidument ; le faux savant, au contraire, a de longues heures d'oisiveté ; car il attend pour travailler un peu les découvertes du vrai savant ; il les exploite et il passe sa vie à les faire valoir à son profit : il n'a de la science que l'orgueil ; et, comme tous les usurpateurs, il n'est préoccupé que du soin de se faire des droits ; il intrigue pour toutes les places, il aspire

à toutes les dignités, il assiége toutes les sinécures; il n'a pas de repos qu'il n'ait obtenu la croix; et quand il l'a reçue, comme il est certain qu'il n'a pu l'obtenir en qualité d'officier de marine, de diplomate, d'industriel, de peintre, de musicien, de poëte, ou même de danseur à l'Opéra, il est fondé à dire qu'il l'a méritée comme savant, et cela lui sert à se prouver à lui-même qu'il est un savant. Il a besoin souvent qu'on le lui rappelle. Le faux savant ne se fait aucune illusion sur lui-même, et c'est là son malheur; c'est ce qui le rend si méchant. C'est qu'il est une plaie profonde que la vanité même ne peut nous cacher: notre misère, et l'ignorance est la misère de l'esprit.....

»Heureusement, les faux savants sont rares au Jardin des Plantes, et nous n'aurions pas peur d'eux, s'ils y étaient seuls à nous menacer; mais nous l'avouons, ils ont là des auxiliaires dont la participation nous inquiète. »

Nous avons transcrit littéralement ce portrait, du journal qui passe pour l'interprète immédiat du ministère : ce journal, c'est *la Presse*, dans son feuilleton du 4 novembre 1837.

La réforme est donc convenue; elle est *in petto;* toutes les branches du pouvoir la réclament, ainsi que toutes les classes de la société. Depuis dix ans nous n'avons cessé de l'appeler de nos vœux, de la tracer de notre plume, d'en faire les frais avec notre repos et notre fortune; quand elle arrivera, nous ne chercherons pas plus à profiter de ses bienfaits que nous n'avons consenti à vivre des abus qui l'ont motivée; ou bien nous en profiterons au même titre que tout le monde, comme d'une amélioration morale qui

fait plaisir à tous, parce qu'elle ne nuit à personne.

Voyez comme rien ne tombe à terre de tout ce qui se dit sur ce sujet; voyez comme les Chambres ont l'œil ouvert sur les révélations de ce genre! Quelques lignes du *Nouveau système de physiologie végétale* (*) ont suffi pour qu'il soit enjoint enfin aux membres du Muséum de travailler au catalogue de cette propriété, qui, faute de cette formalité si naturelle, n'a jamais, jusqu'à ce jour, été une propriété vraiment nationale, et ne s'est jamais trouvée à l'abri de toute espèce de gaspillage.

Voyez comme une simple phrase jetée dans un *Cours élémentaire d'agriculture*, sur les bienfaits de l'association, fait naître sur tous les points du pays les *comices agricoles* (**).

Voyez comme quelques mots sur les souscriptions universitaires provoquent une décision, peu flatteuse pour MM. les membres du conseil royal de l'université, mais devenue urgente, comme d'abus; laquelle interdit à ce corps de souscrire désormais aux ouvrages publiés par les dignitaires de l'ordre (mai 1838).

Nous ne nous dissimulons pas qu'il s'attache toujours, quoi qu'on fasse, quelque chose d'odieux à l'attaque; on y froisse toujours quelque intérêt qu'on n'a nulle envie de blesser. Que voulez-vous! c'est l'odieux inséparable d'une guerre, même la plus légitime. Le plus à plaindre est quelquefois précisément l'assaillant; car, s'il ne consultait que son cœur, il jetterait là toutes ses armes. Mais la voix de l'honneur, qui est un sentiment inné, mais la voix de la conviction, qui est une religion innée, mais cette espérance du mieux pour tous, aux dépens du repos de quelques uns, cette es-

(*) Tome II, page 625.
(**) Note de la page xv.

pérance qui cause l'ivresse et fait aimer jusqu'à la mort; enfin un bras invisible comme une loi, irrésistible comme la nécessité, pousse certains hommes d'une trempe particulière à aller *en avant*, et sans cesse *en avant*; et ils vont en avant, prenant le ciel à témoin et la lumière du soleil pour guide.

Et quand on pensera que, pour tenir tête à la bataille, nous n'avons depuis quinze ans qu'un petit bout de plume qui semble s'allonger d'un côté, quand on nous le rogne de l'autre; que nous nous rencontrons sur la brèche deux ou trois, et souvent seul, abandonnés ou trahis; qu'en face de nous s'élèvent des murs d'or et d'airain qu'il nous faut abattre, des associations d'hommes, la visière baissée, qu'il nous faut combattre le front nu et la face découverte, et dont pas un ne tombe qui ne soit aussitôt remplacé; on sera forcé d'avouer que nous ne nous y prenons pas en lâches, et que nous n'avons pour nous ni la supériorité des armes, ni la supériorité du terrain, et que si nous sommes forts, ce ne peut être que de la force des choses.

Nos adversaires ont pour eux la presse de bien des couleurs, la ressource des articles anonymes, celle des cours publics, celle des insinuations répandues à profusion par la voie orale et par celle des administrations. Ils vont partout où ne saurions les suivre; ils font quatre cents lieues sur les ailes de la subvention, cherchant des auxiliaires jusque sous les glaces du pôle, et jusque sous les torrents de feu de la zone torride. Qui pourrait croire dans combien de journaux français ou étrangers ils ont le droit officiel de diriger un coup porté dans l'ombre? Ils peuvent savoir d'avance tout ce que nous imprimons, aiguiser leurs armes d'avance, ajuster leurs coups d'avance, préparer leurs moyens de défense,

diriger leurs batteries vers le point menacé; et nous trouvons, nous, que tout cela est *naturel*, que tout cela doit être, qu'il est de la nature de l'homme d'user de tous les moyens qui sont à sa disposition. Si contre tout cela nous n'avons qu'un seul moyen, qu'on nous le laisse: s'il est mauvais, il ne saurait résister à tant de coups; s'il est bon, il faut en proclamer la puissance. Nous ne répondons à aucun de leurs articles accueillis avec bienveillance par leurs journaux; nous n'avons pas de l'année usé de notre droit, pour réclamer contre tant et tant de plagiats, contre tant et tant d'altérations de textes, contre tant et tant de comptes-rendus perfidement rédigés; mais que du moins il nous soit permis de dire sans entraves, dans chaque préface de nos éditions, que tout cela est coté en certains lieux; qu'importe pourvu que nous ne désignions ni les valeurs ni les titulaires? Si c'est la vérité, nous avons droit de la dire. Si cela ne le paraît pas, qu'on nous permette d'ouvrir une enquête, et les pièces officielles en main, à l'effet de le démontrer à celui des trois pouvoirs qui vote le budget.

Au reste, dans tout ce que nous avons exposé ci-dessus, relativement à la situation des études en France, nous n'avons été mû par aucune considération personnelle, par aucun espoir qui se rapporte à nous, par aucun sentiment de vengeance et de haine particulière. Le sage en toute question ne voit les hommes, que comme le chimiste évalue les atomes: dans leurs masses et non dans leurs unités; un persécuteur, un jaloux, un ennemi n'est pour lui qu'une anomalie, dont il tient compte seulement dans le calcul. Nous n'avons d'autre ami que le vrai; l'amitié d'ici-bas serait sans doute pour nous une consolation bien douce; mais quand on ne peut prétendre qu'à

des amitiés onéreuses pour sa propre conscience, ou dangereuses pour le repos d'autrui, on doit préférer vivre sans autres amis que tout le monde. Nous n'avons en perspective que les masses, et avant tout notre patrie, que nous aimons, comme on aime sa nourrice, fût-elle une marâtre ; c'est notre France, dont nous avons respiré l'air et la lumière ; elle admirable dans sa gloire, noble et intéressante jusque dans ses humiliations, et qui n'a qu'à verser une larme, pour inspirer, même aux mécontents, un amour qui va jusqu'au délire, un enthousiasme qui entraîne à la mort, afin de la faire respecter. Nous avons perdu le droit de nous occuper de ses douleurs politiques ; mais nulle loi ne nous interdit de parler de ses institutions scientifiques, de leurs entraves, de leurs abus, de leur démoralisation. Nous avons abordé ce sujet, comme on touche à une plaie, avec un sentiment invincible de dégoût, mais avec la volonté d'y porter remède. Les pères de famille nous absoudront de la forme, en faveur de l'intention. Nous voudrions que leurs enfants pussent recevoir une instruction large et non emmaillottée ; que la vérité leur fût livrée comme elle vient de Dieu, seule et sans alliage, et sans simare surtout, puisque Dieu l'a faite toute nue, et belle de sa seule nudité ; nous souhaitons que leurs études ne soient jamais détournées du but par le machiavélisme des coteries ; qu'elles soient aussi morales que fortes, aussi complètes que libres ; car il n'est pas d'immoralité qui ne soit un mensonge, il n'est pas d'entrave qui ne soit une terreur ; nous demandons qu'au sortir des bancs, ils trouvent des juges un bandeau sur les yeux et la main sur la conscience, pour prononcer sur la destination qui convient à leur capacité et à leur spécialité ; et des juges en grand nombre, et des juges dont le vote ne soit pas au bout

d'une ficelle qu'un pouvoir quelconque ferait mouvoi
Nous demandons que le concours nomme les juges d
concours, afin qu'aucune espèce de lettre de cache
ne soit dans le cas de motiver le choix aux chaire
et aux places vacantes; que le vrai enfin soit proclamé l
seul régulateur de la conduite des hommes appelés
professer le vrai. Il est certaines roueries professorale
et académiques, voyez-vous, qui ne sont plus de notr
siècle, et qu'on ne peut plus se permettre, quand on es
enfant du pays. Le jour où elles cesseront, nous promet
tons de ne plus parler morale, en nous occupant d
science; jusque là nos livres ne pourraient se dispenser d
toucher à la première, pour la préserver des trahisons d
la seconde. Quant aux institutions, aux mœurs, aux re
ligions des autres pays, nous déclarons que notre inten
tion n'a jamais été de diriger contre elles la moindre de
allusions de notre ouvrage; nous ne parlons que de c
que nous connaissons; nous supposons normal tout c
qu'il ne nous est pas donné de connaître; nous respec
tons tout ce qui fait le bonheur ou la gloire d'autrui
et nous ne nous immisçons jamais dans les affaires des au
tres. Si nos voisins nous consultaient, nous aurions droi
de répondre; mais notre droit actuel est attaché au titr
de citoyen de notre pays, et pour le moment nous l
sommes encore; nous avons usé de notre droit, dans le
limites de notre droit; nous permettons aux mille jour
naux de l'État d'user des leurs par représailles : nou
laissons une latitude illimitée sous ce rapport à leur cri
tique et même à leur silence, qui peut avoir le mérit
d'une critique à leurs yeux.

20 mai 1838.

COUP D'OEIL ANALYTIQUE

SUR LE PLAN ADOPTÉ DANS CETTE DEUXIÈME ÉDITION.

A l'époque de la rédaction de notre première édition, ni l'éditeur ni l'auteur ne pouvaient s'attendre au succès qu'a obtenu la publication du *Nouveau système de chimie organique :* nous dûmes nous restreindre à l'étendue d'un seul volume. Le cadre d'un ouvrage longuement médité se prête facilement à tous les formats; mais il n'en est pas de même du développement des idées; les idées n'ont jamais l'élasticité et la compressibilité d'un tableau synoptique. Aussi bien des parties de l'ouvrage durent se réduire à leur plus simple énoncé. C'était assez pour les hommes de l'art et les lecteurs bienveillants, c'était trop peu pour le plus grand nombre. Nous avons eu nos coudées plus franches, dans la rédaction de cette nouvelle édition. Trois volumes de près de huit cents pages chacun, et un atlas, nous donnent plus que la permission d'annoncer qu'elle a été entièrement refondue. Le système est absolument le même; les chapitres seuls ont été augmentés, non seulement par des développements d'idées, mais même par une masse telle de faits nouveaux, que, sous ce rapport, l'ouvrage pourrait être considéré, non comme une seconde édition, mais comme un nouvel ouvrage. Nos lecteurs pensent bien, en effet, que pendant le laps de temps qui s'est écoulé depuis 1833, nous n'avons pas interrompu le cours des études qui seules font, en tout temps et en tout lieu, le charme de notre vie. Nous espérons donc que notre deuxième édition sera dans le cas de pousser encore plus au progrès que n'avait fait la première. Quant à celle-ci, les chimistes surtout qui ont intérêt à ne pas en parler, seraient en état de dire la révolution que ces idées saisies avec avidité par le public, ont opérée dans les laboratoires, dans la rédaction des petites notes, des longs mémoires, et des livres destinés à l'enseignement. Le titre lui-même est devenu celui d'une science tellement distincte, ayant tellement une méthode propre, un but spécial et des lignes de démarcation distinctes, qu'il fallut en démembrer

l'enseignement de celui de la *Chimie médicale et pharmaceutique*, et créer une chaire exprès, sous le titre de *Chaire de chimie organique*. La *Chimie microscopique* d'un autre côté commence à se glisser dans tous les enseignements ; il n'est pas un professeur de médecine, de chimie appliquée aux arts, de science commerciale et économique, qui ne se soit mis au courant des procédés que nous avons depuis long-temps publiés, et qui ne s'occupe de la structure intime des tissus, dans les questions de la dimension même la plus grande. L'intrigue, qui est toujours aux aguets des nouvelles découvertes, pour les exploiter au profit de sa nullité, l'intrigue s'est ruée sur cette veine de publicité, comme elle se rue sur tout ce qui peut mener à la fortune, sans mise de fonds, du côté du temps et du talent ; nous n'aurions pas émis cette réflexion, si elle ne nous avait pas paru nécessaire, afin de prémunir le public contre la rouerie de l'observation, qui se fie sur ce que peu de gens seront dans le cas de la contrôler tout de suite. Ce n'est pas sans un certain mouvement d'humeur que nous lisons quelquefois, quand le hasard nous l'amène, l'un de ces articles insérés à l'insu du rédacteur principal ou à la faveur de son incompétence, et dans lequel l'intrigue glisse son éloge, que lui paie ensuite le pouvoir à beaux deniers comptants, ou par quelque pitoyable sinécure médicale, telle que la nomination de médecin, dans un lieu où il n'est permis d'entrer que bien portant, et d'où on n'a pas le temps de sortir malade. Il est rationnel que le pouvoir cherche à faire oublier certains auteurs, que la nature n'a pas façonnés à ses goûts ; il n'est pas juste que les intérêts de la vérité en souffrent, car ces intérêts sont ceux du public. Si ces annonces scandaleuses, sur des résultats impossibles, continuaient leur jeu, nous serions dans la triste nécessité de nous expliquer d'une manière plus explicite. Nous en aurions déjà trop dit, si nous ne consultions que le dégoût que nous inspirent ces infiniment petites charlataneries. Le microscope a été définitivement introduit dans le laboratoire et l'amphithéâtre ; mais ce serait ruiner d'avance tout ce que la science a droit d'en attendre, que de promettre ce qu'il ne saurait tenir ; et si nous avions le malheur de voir l'incurie des administrations, permettre qu'on en invoque le témoignage, dans les investigations qui intéressent la santé ou la vie des hommes, nous éprouverions autant de regret d'avoir

doté notre pays de cette nouvelle méthode, que le docteur Guillotin dut en éprouver, d'avoir mis à la disposition de la vindicte publique, le malheureux instrument qui porte son nom; car nous sommes sûr qu'entre certaines mains, le microscope finirait par devenir mille fois plus souvent homicide, c'est-à-dire mille fois plus souvent le complice d'une injuste mort.

Dans l'ouvrage que nous venons d'élever à la science, nous avons pris soin de nous abstenir de la moindre excursion dans la juridiction du pouvoir temporel. Nous avons écrit comme si nous n'appartenions à aucun siècle, et que tous les âges fussent nos contemporains. Nous n'avons vu devant nous ni dignités, ni misères, ni castes, ni conditions, ni amis ni ennemis, ni victimes, ni persécuteurs, ni pauvreté, ni fortune; accidents éphémères d'une cause qui est en dehors de nous; nous n'avons vu que des êtres, œuvres de la même loi, et, parmi ces êtres, plus spécialement ceux que cette loi nous a donnés pour frères, même ceux qu'un instant de vertige tient encore dans une fausse voie. Pour le mal qu'on nous fait en science, nous n'avons pas l'honneur d'un sacrifice en le pardonnant; il se réduit à fort peu de chose, et nous nous en sommes rarement aperçu. Quant au mal que l'on fait au progrès, nous nous sommes peut-être montré un peu inexorable dans le cours de la rédaction, et notre plume y a cédé à certains mouvements d'impatience. Mais comment se défendre de ces sortes d'impressions, quand on se voit condamné à dépouiller un fatras de vraies bévues, de grosses et belles bévues, qui vous arrivent sous le frontispice superbement endimanché des *arcana naturæ!* D'autres s'indigneraient: nous en avons ri, et nous défions la gravité la plus magistrale de ne pas en rire avec nous; or une mauvaise plaisanterie qui fait rire est à demi pardonnée; et nous espérons qu'en lisant la suite, notre pardon sera complet.

Dans le cadre général de l'ouvrage, il existe deux parties entièrement neuves : la première et la dernière. Dans la première, nous avons cherché à fournir à nos lecteurs tous les renseignements qui suffisent à l'étude chimique des corps, en grand et sur des petites quantités. Après avoir décrit les instruments du laboratoire et de l'amphithéâtre, et les instruments adaptés à de plus petites proportions, après avoir transporté, selon l'expression que

nos travaux ont rendue classique, le laboratoire sur le objet du microscope, nous avons eu soin de fournir à la l une méthode propre à évaluer les phénomènes et à inte les résultats. Cette partie est ainsi le développement, accon de figures, des leçons publiques qu'on ne nous a pas toujo pêché d'exposer, sur le nouvel art d'observer et de manip microscope. On y trouvera la description d'un nouvel inst de ce genre, accompagnée de figures détaillées, dessinées plus grand soin sur l'instrument lui-même.

La quatrième et dernière partie nous semble appelée à heureuses destinées que le nouveau système lui-même; c' clef de voûte, où toutes les sciences envoient un arceau; et, toutes les clefs de voûte, elle tient peu de place et se rédu très faibles dimensions. Nous ne saurions exprimer l'in impression, que produisit sur notre esprit la première app d'une explication, d'où nous voyions successivement décou de choses, avec le secours de si peu d'expressions. Il est p que cette impression soit un jour communicative et que n teurs n'en soient pas à l'abri; mais ce qui nous paraît c c'est que la science en retirera quelques avantages, et qu pressentiment n'aura pas été la simple illusion d'une jou intellectuelle. L'unité de la nature nous paraît être caché que part par là.

C'est dans ces dispositions d'esprit que nous livrons notr avec confiance au public, sans crainte à la critique, et q une année tout entière consacrée presque nuit et jour à la cation, nous déposons la plume, pour nous remettre à l'é au travail.

AVERTISSEMENT FINAL.

Toutes les personnes qui s'occupent de recherches sérieuses dans le silence du cabinet, s'indignent de l'effrénée licence avec laquelle le plagiat s'introduit à travers toutes les fissures de la porte du cabinet et de l'amphithéâtre. Le plagiat en est venu à ne plus rougir, même lorsqu'il est pris les mains dans les poches. Pour nous, nous ne refusons la communication de nos épreuves, à nul des auteurs qui s'annoncent comme voulant les consulter ; nous avons pleine confiance en leur bonne foi ; mais nous ne sommes pas tenu de professer le même sentiment envers tous ceux que le hasard peut leur faire connaître. Nous lisons fort peu de journaux scientifiques, et un seul de nos comptes-rendus. Nous n'avons donc qu'un seul moyen de prendre date, et de protester contre les circonstances imprévues ; c'est de prendre date, sous les presses de notre imprimeur, par les bons à tirer qui restent entre ses mains, et les premières feuilles qui restent entre les nôtres. Nous donnons ci-dessous la date de toutes les premières feuilles de notre ouvrage: les bons à tirer ont suivi d'un à deux jours, le manuscrit les a précédées de quinze jours environ. Il est possible que cette liste si aride au premier coup d'œil, acquière un certain intérêt aux yeux des personnes qui, s'adonnant plus spécialement à la partie historique de la science, désireraient deviner la coïncidence, et par la coïncidence, la cause de certains petits événements scientifiques.

Premier volume. — Feuille 1re a été reçue en première le 12 mai 1837; 2e, le 14; 3e, 16; 4e, 25; 5e, 29; 6e, 2 juin; 7e, 3; 8e, 7; 9e, 10; 10e, 14; 11e, 15; 12e, 20; 13e, 24; 14e, 26; 15e, 27; 16e, 29; 17e, 1 juillet; 18e, 6; 19e, 10; 20e, 14; 21e, 17; 22e, 23; 23e, 23; 24e, 25; 25e, 27; 26e, 3 août; 27e, 6; 28e, 9; 29e, 9; 30e, 11; 31e, 17; 32e, 17; 33e, 25; 34e, 26; 35e, 29; 36e, 2 septembre.

Deuxième volume. — 1re, 9 septembre 1837; 2e, 9; 3e, 15; 4e, 15; 5e, 15; 6e, 18; 7e, 27; 8e, 27; 9e, 30; 10e, 4 octobre; 11e, 6; 12e, 10; 13e, 14; 14e, 17; 15e, 20; 16e, 22; 17e, 23; 18e, 24; 19e, 28; 20e, 28; 21e, 31; 22e, 4 novembre; 23e, 4; 24e, 6; 25e, 9; 26e, 13; 27e, 14; 28e, 15; 29e, 18;

30ᵉ, 21; 31ᵉ, 24; 32ᵉ, 28; 33ᵉ, 29; 34ᵉ, 2 décembre; 35ᵉ, 5; 36ᵉ, 6
37ᵉ, 13; 38ᵉ, 15; 39ᵉ, 17; 40ᵉ, 21; 41ᵉ, 21; 42ᵉ, 23; 43ᵉ, 24.

TROISIÈME VOLUME. — 1ʳᵉ, 4 janvier 1838; 2ᵉ, 5; 3ᵉ, 10; 4ᵉ, 10; 5ᵉ, 1
6ᵉ, 16; 7ᵉ, 20; 8ᵉ, 25; 9ᵉ, 25; 10ᵉ, 30; 11ᵉ, 30; 12ᵉ, 5 février; 13ᵉ,
14ᵉ, 10; 15ᵉ, 14; 16ᵉ, 15; 17ᵉ, 22; 18ᵉ, 27; 19ᵉ, 2 mars; 20ᵉ, 6; 21ᵉ,
22ᵉ, 11; 23ᵉ, 14; 24ᵉ, 17; 25ᵉ, 20; 26ᵉ, 22; 27ᵉ, 23; 28ᵉ, 30; 29ᵉ, 3
30ᵉ, 5 avril; 31ᵉ, 6; 32ᵉ, 6; 33ᵉ, 10; 34ᵉ, 15; 35ᵉ, 15; 36ᵉ, 19; 37ᵉ, 2
38ᵉ, 21; 39ᵉ, 24; 40ᵉ, 26; 41ᵉ, 28; 42ᵉ, 1ᵉʳ mai; 43ᵉ, 8; 44ᵉ, 10; 45ᵉ, 1
46ᵉ, 15; 47ᵉ, 16; 48ᵉ, 23; 49ᵉ, 24.

TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER VOLUME, PAR ORDRE DE CHAPITRES.

Pages.

PREMIÈRE PARTIE.

PREMIÈRE SECTION.

DEUXIÈME SECTION.

DEUXIÈME PARTIE.

PREMIÈRE SECTION.

DEUXIÈME SECTION.

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES DU PREMIER VOLUME.

FAUTES ESSENTIELLES A CORRIGER

DANS LE PREMIER VOLUME.

Pages.	Lignes.	
19	9	24; LISEZ : 27.
ibid.	28	25; effacez.
ibid.	29	26; LISEZ : 28.
20	13	27; effacez.
21	2	28; LISEZ : 29.
38	15	consistance; LISEZ : constance.
130	31	litres; LISEZ : centilitres.
182	16	en diamètre; LISEZ : au diamètre.
205	2	(I *b i*); LISEZ : (I *a' i*).
373	15	osmium; LISEZ : osmium (Os).
484	14	tionnaires; LISEZ : actionnaires.
523	24	fig. 11; LISEZ : fig. 10.
536	41	11; LISEZ : 10.
547	11	ainsi; LISEZ : ainsi 6.

NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

LA SCIENCE, UNE SCIENCE (*).

1. Dans la spontanéité de la langue vulgaire, le philosophe remarque un je ne sais quel pressentiment de la vérité, qui fait qu'à l'instant où une démonstration se révèle, le mot qui s'adapte le mieux à la nouvelle définition se trouve être précisément le mot le plus communément employé. De là vient que les expressions d'une langue quelconque, expressions créées toutes d'inspiration et comme du premier jet, souvent incomplètes et vagues, ne sont jamais absurdes ou impliquant contradiction, et jamais réellement impropres ; avantage que n'offrent pas toujours, on nous l'accordera facilement, les expressions si péniblement élaborées par les lettrés, au moyen des radicaux d'une langue morte. Or, l'idée que le vulgaire semble s'être faite de nos études, en employant les mots LA SCIENCE en général, et LES SCIENCES en particulier, est diamétralement opposée à celle que nos savants semblent avoir conçue, sans trop s'en rendre raison, et dont l'organisation de toutes nos institutions scientifiques est la formule et l'application la plus fidèle ; et en ceci, comme en beaucoup d'autres choses, n'en déplaise aux savants titrés, ce sont les ignorants qui ont raison. En considérant cette multitude de cadres,

(*) Dans tout le cours de cet ouvrage, les chiffres arabes entre parenthèses renvoient aux alinéas.

que nos institutions ont tracés aux diverses professions scientifiques, ce nombre infini de buts éparpillés dans le domaine de l'intelligence que se proposent d'atteindre les innombrables rivalités, on serait tenté de croire que la nature est moins une unité qu'une espèce de mosaïque, dont chaque compartiment renfermerait une loi, et dont chaque loi enfanterait un nouveau règne, qui n'aurait d'autre rapport avec le règne voisin qu'un point de contact dans l'espace. Divinité multiforme, la nature aurait un théâtre plutôt qu'un temple; et sur le seuil de ce sanctuaire à tiroir, elle dirait aux visiteurs: « A quelle nature désirez-vous parler? à la nature chimiste, ou à la nature naturaliste? ou à la nature chirurgicale et médicale? ou à la nature pharmaceutique? ou bien enfin à l'astronome, à la physicienne, à la géographe? » Et selon la réponse de l'adepte, elle irait prendre une autre robe et changer de décoration; puis elle distribuerait des cartes d'entrée et ensuite des diplômes de couleur différente, selon les demandes; elle assignerait des fonctions et des rangs, elle conférerait des grades, elle imposerait des devoirs et accorderait des droits, de manière à pouvoir couronner tous les genres d'intrigue, et satisfaire tous les genres de capacité.

2. Ce n'est point ici une allégorie; c'est la traduction la plus fidèle du plan actuel de nos études, ou plutôt du programme que les siècles de la scolastique ont transmis sans interruption à notre époque, qui s'est bien gardé de déroger à ce genre d'illustration. Nous avons des instituts divisés en compartiments, dans chaque case desquels viennent se serrer cinq à six doctes, qui ne touchent leurs voisins que par les coudes, et qui se gardent bien de s'aboucher avec eux. Si l'un d'eux venait à entrevoir une vérité qui ne soit pas de sa classe, cette vérité n'en serait pas une, elle manquerait de lettres de naturalisation. Il y a à peine dix ans que le zoologiste n'aurait pas osé aller chercher un rapport dans le règne de la botanique, que le botaniste se serait bien gardé de relever la tête jusqu'à jeter les yeux dans le règne zoologique, et que

l'un et l'autre se seraient empressés de renvoyer au chimiste une idée qui aurait eu besoin de passer au creuset; et encore aujourd'hui, la vieille habitude reprend son empire, car le cadre de nos institutions n'a pas été réformé à mesure que les idées se sont rectifiées. Cela tient surtout à ce que ces divers compartiments sont des professions, que ces professions sont des métiers, et que les empiétements sont de la sorte des spoliations et des atteintes portées à la propriété. Avisez-vous encore aujourd'hui de trouver une vérité pharmaceutique sans être pharmacien titré, ou une vérité médicale sans avoir passé vos examens et soutenu une thèse, et votre vérité sera arrêtée au passage comme un objet de contrebande; que si elle vient à franchir l'obstacle, elle ne se montrera certainement au grand jour qu'après avoir pris la livrée d'une capacité titrée; alors seulement elle se trouvera légitimée et de bon aloi; elle aura cours sur la place savante.

3. Si nous avons l'air de faire en tout ceci une mauvaise plaisanterie, qu'on ne s'en prenne pas à nous, mais à la tournure vraiment plaisante du sujet qui passe sous notre plume; nous ne sommes que des fidèles traducteurs. N'avons-nous pas vu certaines découvertes présentées à la sanction de la plus savante académie du monde (pour parler le langage académique), ballottées d'une section à une autre, la section de botanique prétendant que le fait soumis à son examen était de la physiologie, la fraction physiologique assurant que c'était de la chimie, la section de chimie se retranchant sur ce que l'objet était du règne végétal, et que pour le trouver il fallait avoir recours à l'anatomie; en sorte qu'en définitive il ne restait plus à la découverte que de s'adresser à l'opinion publique, vu que cette vérité n'était du ressort d'aucune science en habit brodé. Il est juste de faire observer que, dès que la vérité se trouve reconnue par l'opinion publique, chaque section se hâte d'en prendre un lambeau pour son compte et sa propriété; le puits de la vérité ne saurait être que dans le domaine de la science, la science n'est que là où se trouvent les

savants; la vérité ne peut être assimilée qu'à un trésor enfoui sur leurs terres et qui leur revient en toute propriété, même lorsqu'il aurait été trouvé par un autre (*).

4. Eh bien! le peuple, avec sa raison innée et sa prescience instinctive, a connu la nature mieux que nos savants de profession; dans sa langue, il a admis les sciences, pour désigner les diverses applications de notre esprit à des objets déterminés, comme tout autant de recherches spéciales dans les coins d'un champ que notre vue ne saurait embrasser dans son ensemble; mais en même temps, et comme correctif à l'inexactitude forcée de ce mot de convention, sa langue a admis l'expression générale et abstraite de *la science*, tout immense comme la nature par rapport à nous, mais simple en lui-même; grande unité qui n'est susceptible d'être mesurée que successivement et par ses diverses faces, et qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne saurait prendre un caractère distinct et recevoir une dénomination spéciale que dans les détails; loi féconde qui ne nous semble multiple qu'en changeant d'objet; toujours la même alors qu'elle nous semble offrir les plus grandes différences; soit qu'elle fasse mouvoir les planètes autour du soleil, le soleil autour d'autres mondes; soit qu'elle attire les molécules de silice autour d'un centre d'agatisation; soit qu'elle associe le carbone et l'eau en organes, et les organes en individus; étincelle créatrice qui rayonne, en se subdivisant, par d'innombrables et d'incessantes dichotomies dont nous nous contentons de noter çà et là les rameaux, faute de pouvoir les suivre, en remontant jusqu'à leur point de départ, jusqu'à leur unité; et de ces subdivisions nous nous empressons de faire autant de lois générales, que nous emprisonnons dans tout autant de temples particuliers : lois astronomiques dans l'observatoire, lois chimiques dans le laboratoire, forces

(*) Ce qui est contre l'esprit de la loi romaine, reproduite par l'article 716 du Code civil, qui veut que la moitié, dans ce cas, en revienne à celui qui le trouve.

vitales dans l'amphithéâtre de dissection, lois intellectuelles à la Sorbonne, lois dynamiques dans la chaudière à vapeur; parce que, faibles mortels, là où est notre trésor, là est toute notre âme; que nous ne concevons pas qu'elle ait droit d'être ailleurs, et qu'elle ait été créée du même souffle que telle autre.

5. Quant à nous, nous proclamons en débutant le renversement de toutes ces classifications, qui donnent à la science les allures d'un vaste budget, où tout s'estime au marc le franc, où tout se distribue comme dans un cadastre, et se numérote avec le nom du premier occupant, selon la loi qui préside aux délimitations des domaines; nous proclamons que la science qui s'impose des limites est une fausse science, et d'autant plus fausse qu'elle approche le plus de ces limites de convention; nous soutenons que le plus sot n'est pas le plus ignare, mais le plus exclusif; que l'ignorant est dans le cas, en se laissant guider par sa raison, d'introduire des vérités nouvelles, soit en théorie, soit en pratique, et de faire faire un pas de plus à la science, tandis que l'exclusif, alors même qu'il saurait tous les détails de la science qui rentre dans ses attributions, n'est capable que d'en arrêter la marche ou de la faire rétrograder.

6. Nous posons en principe l'unité de la science; tout en reconnaissant la nécessité de l'étudier successivement par ses diverses faces, nous ne perdrons jamais de vue que nulle étude ne saurait être féconde, si elle s'isole à toujours des autres dès son point de départ, et si l'esprit, se laissant absorber exclusivement par le point qu'il fixe, ne dirige de temps à autre son observation vers le foyer commun, où doit se trouver le secret de toutes les anomalies, et la solution de toutes les difficultés qui blessent nos regards.

C'est là que les lois qui se prêtent si bien aux nombreuses et variables divisions de nos livres, se repliant pour ainsi dire les unes sur les autres, n'apparaîtront plus que comme des phénomènes d'une seule et unique loi; et que notre concep-

tion s'enrichissant de tout ce dont s'appauvrira la mémoire pourra embrasser l'infini du point de vue de l'unité. Il n' aura alors qu'une seule et unique SCIENCE, et les titres inscrit en tête de chacun des embranchements de l'arbre encyclopé dique actuel ne seront conservés que comme les monument historiques de la marche progressive de l'entendement hu main.

Nous sommes peut-être plus près de cette époque qu'on n le pense; peut-être il n'existe entre elle et la nôtre qu'un sim ple mur de séparation, qui n'attend, pour tomber, que d'êt ébranlé par une seule parole.

7. Quoi qu'il en soit, et tout en respectant provisoirement le délimitations scolastiques, comme des divisions qui rendent travail plus facile en le partageant, tout en nous consacran spécialement les uns à l'astronomie, les autres à la physique ceux-ci à la chimie, ceux-là à la physiologie, d'autres enfin l'étude théorique et pratique du corps humain, tout en no distribuant enfin les lots du domaine des sciences, ne cesson jamais d'avoir présent à l'esprit le point où elles converger toutes, c'est-à-dire la source d'où elles émanent, LA SCIENC qui est unique comme la nature. Toute voie que vous suivre en détournant les yeux à droite ou à gauche de ce but, vou mènera à l'absurde.

8. Les SCIENCES sont tout autant de moyens d'investigation la SCIENCE en est le problème; les SCIENCES sont des apparei dont la SCIENCE est le mobile.

9. Non pas qu'avant de commencer la moindre investiga tion, forcé soit à nous de posséder par cœur et mot à mo toutes les sciences, telles qu'elles se trouvent actuellemen formulées dans nos livres; la vie d'un seul homme ne suffira pas à réunir sous ce rapport le savoir de tant d'hommes e particulier. Mais en s'adonnant exclusivement à l'une de branches des connaissances humaines, il faut préalablemen être pour ainsi dire orienté dans chacune des autres, d manière à pouvoir découvrir les analogies du phénomène qu

l'on étudie avec les divers phénomènes étudiés par d'autres avant nous, ou avec le même phénomène envisagé ailleurs sous un autre rapport; il est plus que jamais indispensable de savoir un peu de tout, pour arriver à bien connaître une seule chose; car n'étudier un objet que par une face, c'est ne lui en supposer aucune autre, ce qui est absurde, ou c'est n'attacher de l'importance qu'à une seule, ce qui est inconséquent.

10. Nous avons inscrit ce principe, qui résume toute la méthode, en tête d'un livre où nous nous proposons de ne traiter qu'une minime fraction de nos connaissances, décidé que nous sommes à en faire la plus large application; nous nous adressons à des lecteurs que nous avons habitués, de longue main, au scandale d'une pareille audace. Que le savoir titré crie aux barbares et à la loi agraire, notre invasion est légitimée; l'opinion publique nous a absous. Nous ferons donc un appel à toutes les sciences, dans le but d'expliquer les phénomènes d'une seule; et si quelque chose trahit nos efforts, qu'on n'en accuse ni notre hardiesse ni notre patience, mais seulement notre position.

LA CHIMIE.

11. La chimie est la science qui a, 1° pour objet analytique, de reconnaître et le nombre des éléments qui entrent dans la composition d'un corps, et le mode selon lequel ils y sont associés; 2° pour objet synthétique, d'énumérer les éléments qui existent dans la nature, et de formuler la théorie de leurs innombrables combinaisons. Un corps élémentaire est celui aux molécules duquel s'arrête la puissance de décomposition que nous possédons dans l'état actuel de la science. Dans la liste de ces corps élémentaires ou corps simples, nous devons voir des limites que nous ne saurions franchir actuellement; mais seulement des limites et non le terme de l'investigation. Jusqu'aux grandes découvertes de Priestley et Lavoisier, il était tout aussi rationnel de considérer l'eau et l'air comme

des éléments, qu'il l'est aujourd'hui de donner le même titre aux cinquante-quatre corps simples de la liste arrêtée en la présente année.

12. Dans l'application, il s'en faut de beaucoup que la chimie trouve en elle-même toutes les ressources nécessaires à ses investigations; il n'est pas, au contraire, une seule opération, si peu compliquée qu'on la suppose, pour laquelle elle ne se voie forcée de faire d'assez nombreuses excursions dans le domaine des sciences qui se proposent un tout autre objet. Elle emprunte à la physique les moyens d'évaluer l'intensité de la chaleur absorbée ou dégagée, la densité, le volume, la polarité, les caractères extérieurs des corps; à la cristallographie son goniomètre, à la géologie ses gisements, à la géographie ses renseignements, à la physiologie ses expériences, à l'anatomie son scalpel, à l'astronomie elle-même ses analogies. Elle manipule, si je puis m'exprimer ainsi, pour toutes les autres sciences; mais aussi elle s'éclaire au flambeau de toutes à la fois.

13. Dans le cours de toutes ces investigations, le chimiste a en quelque sorte quatre conditions à remplir : il opère et manipule; il raisonne et classe les résultats de l'opération; il cherche à découvrir et la loi d'où ils découlent, et enfin les rapports de cette loi avec les lois diverses qui régissent notre univers.

14. Nous venons de tracer les grandes divisions du présent ouvrage; il aura quatre parties principales :

Dans la première, nous décrirons les appareils et les manipulations, nous indiquerons les procédés, nous en évaluerons les avantages et les inconvénients. (Chimie expérimentale.)

Dans la deuxième, nous soumettrons à l'épreuve du raisonnement les phénomènes des opérations; nous tracerons la marche de la méthode qui nous paraît la plus capable d'imprimer une impulsion féconde à la science d'aujourd'hui, et

nous en ferons l'application immédiate à chaque corps en particulier. (SYSTÈME OU CHIMIE DESCRIPTIVE.)

Dans la troisième, nous aurons recours à l'induction, pour arriver jusqu'à la profondeur de la loi générale qui préside à la filiation de tous ces phénomènes. (THÉORIE OU CHIMIE RATIONNELLE ET CONJECTURALE.)

Dans la quatrième enfin, agrandissant le cercle de l'induction, et franchissant les limites des études spéciales, nous examinerons les rapports des phénomènes chimiques avec ceux de la vie universelle; nous essaierons d'en entrevoir l'identité, à travers le voile dont la faiblesse de notre organisation recouvre notre vue; cherchant en cela à surprendre en nous le secret dont nous sommes les œuvres, persuadés que la loi commune dont nous sommes les enfants ne doit pas être loin de nous-mêmes, et que, si la nature est un immense cercle, chaque chose se trouve au bout d'un égal rayon. (ANALOGIE OU CHIMIE GÉNÉRALE.)

Audaces fortuna juvat.

une immense sphère !

PREMIÈRE PARTIE.

MANIPULATIONS

OU

CHIMIE EXPÉRIMENTALE.

15. On doit entendre par le mot de *manipulation* (*
cette période de l'observation, qui réclame spécialement
concours d'un travail mécanique, et qui semble se réduire à
simple opération des mains. L'intelligence, qui devine l'exi
tence ou soupçonne la possibilité d'un phénomène, a besoi
pour le mettre en évidence, de l'isoler des autres phénomèn
déjà appréciés, dont le nombre serait capable de le soustrai
à notre vue, en se confondant avec lui; elle cherche à réalis
ce résultat par la combinaison des appareils que l'expérien
acquise a déjà mis à sa disposition, ou elle en crée de no
veaux. La manipulation n'est donc pas seulement une opér
tion manuelle et presque anatomique; elle a ses analogies,
même que l'observation; ses calculs, de même que l'expérienc
son génie, de même que l'induction; et souvent un appar
construit avec art est toute une découverte.

16. L'art du manipulateur consiste principalement à pr
voir tous les accidents; à tenir compte de toutes les circo
stances; à ne faire entrer, dans la construction d'un appare
que les pièces et les dimensions strictement nécessaires;
n'opérer que sur des quantités suffisantes; à supprimer en

(*) *M[illegible]lare*, barbarisme des alchimistes, qui dérive de *manipu*
tout fais[illegible]u que l'on peut saisir de la main, et transporter çà et là.

tout ce qui est de trop et tout ce qui est inutile, la durée d'une expérience étant en raison directe des masses employées, et la précision des résultats étant en raison inverse de la complication des appareils. On ne doit pas s'appliquer à opérer vite, mais à opérer juste; il n'y a pas d'essor qui mène aussi rapidement que la méthode. Lorsque la manipulation a d'avance calculé, disposé, évalué, coordonné, l'expérience n'a plus qu'une étincelle à mettre pour obtenir un résultat; et, dans ce sens, il est vrai de dire que celui qui a commencé a déjà fait la moitié de l'ouvrage.

17. Le manipulateur ne doit pas consacrer son temps à construire des instruments qu'il peut trouver à meilleur marché dans le commerce; mais aussi, lorsque sa fortune lui refuse les moyens de se les procurer, ou que les instruments ordinaires ne s'adaptent pas aux procédés qu'une idée nouvelle vient de lui indiquer, il ne doit point se décourager, en n'ayant recours qu'à lui-même; la patience de l'esprit fait jaillir d'un rien quelque chose; *elle sait faire un trou avec une scie, et scier avec une vrille,* selon l'expression de Francklin. Que de fois, après avoir maudit sa pauvreté, et désespéré, faute d'argent, du succès d'une tentative, n'est-il pas arrivé à l'homme de travail de concevoir un appareil préférable, par sa simplicité, aux appareils plus riches, et dont une obole acquittait le prix! *Aurea paupertas!*

18. L'ordre que suit la manipulation est subordonné à celui que s'impose l'expérience spéciale dans la marche de ses investigations; mais il tourne dans un cercle tracé d'avance par la nature de la science, dans les attributions de laquelle est posé le problème à résoudre. Le but de la chimie étant d'isoler les substances élémentaires, qui rentrent dans la structure d'un corps, le nombre et la nature des manipulations sont déterminés par le nombre et la nature des procédés que l'expérience a mis à notre disposition, soit pour obtenir séparément un corps quelconque d'une masse donnée, soit afin d'éliminer, de l'étude à laquelle nous devons le soumettre,

les diverses circonstances qui sont étrangères à son individualité. Pour arriver à ces résultats, la chimie divise mécaniquement, dissout, évalue approximativement par les réactions réciproques, distille, précipite, élimine ou décompose par le feu, et, enfin, confirme par la démonstration calculée ou raisonnée; pour exécuter chacune de ces opérations principales, elle fait usage de procédés divers et emploie des instruments et des ustensiles de diverses formes et de diverses dimensions, selon les quantités de substances qu'elle soumet à son analyse théorique ou les quantités de produits qu'elle se propose d'obtenir dans l'intérêt du laboratoire. Elle opère en grand, et elle opère en petit; et, en fait de procédés en petit, elle n'a d'autres limites que celles de notre vue; elle sait alors établir son laboratoire sur la table du cabinet, que dis-je, sur le porte-objet du microscope, n'ayant d'autre fourneau qu'une lampe à esprit-de-vin, d'autre alambic qu'un tube de verre, d'autre récipient qu'un verre de montre, et elle arrive souvent à de grands résultats avec ces appareils microscopiques.

19. Nous partagerons en conséquence cette première partie en deux sections, l'une consacrée aux OPÉRATIONS EN GRAND, et l'autre aux OPÉRATIONS EN PETIT ; et chacune d'elles en huit chapitres destinés à développer les procédés et à décrire les instruments, que réclament les huit opérations principales de la chimie, plus haut énumérées : *division mécanique, solution, évaluation approximative, précipitation, élimination, distillation, décomposition, démonstration.*

20. Quoique dans cette première partie nous n'ayons pas à nous prononcer sur la division des règnes de la nature, et que nous procédions, comme si la chimie était une et identique en tout, cependant, en décrivant les procédés et les instruments, nous devrons nous appesantir plus spécialement sur ceux qui rentrent dans les attributions du présent ouvrage dans le domaine de la CHIMIE ORGANIQUE.

PREMIÈRE SECTION.

OPÉRATIONS EN GRAND.

21. La chimie opère en grand dans les *hauts-fourneaux*, dans les *mines*, dans les *manufactures*, dans les *ateliers* et dans le *laboratoire*. Et ici nous entendons par chimie la science qui raisonne ses procédés, combine une expérience, calcule les résultats, évalue les rapports, et coordonne enfin toutes ses opérations en système. Car l'économie industrielle, agricole et domestique fait aussi de la chimie, mais sans le savoir.

22. Les dimensions du *laboratoire*, qui est l'usine de la science, varient depuis la voûte de l'amphithéâtre jusqu'à l'espace d'un modeste cabinet. Ici la table de la cheminée peut servir de paillasse, une petite hotte en tôle porte les vapeurs dans le tuyau de la cheminée, par une ouverture que l'on pratique dans le manteau ; un fourneau mobile suffit à toutes les expériences. Chacun ensuite doit modifier son appareil selon ses besoins et ses ressources.

CHAPITRE PREMIER.

DIVISION MÉCANIQUE.

23. La première opération d'une expérience chimique consiste à dépouiller le corps soumis à l'examen, de toutes les substances qui sont susceptibles d'en être séparées par des moyens mécaniques ; dans une expérience où l'on se propose d'isoler une substance de celles qui lui sont associées, il serait ab-

surde de ne pas commencer par l'isoler de celles qui ne fon que lui adhérer plus ou moins fortement.

24. On lave le corps d'abord à l'eau commune, lorsque l'a gitation de l'eau suffit pour détacher les impuretés insoluble de sa surface; ensuite à l'eau distillée, lorsque ces impureté sont solubles et qu'on se propose d'étudier le corps à l'éta de la plus grande pureté. On réitère les lavages, jusqu'à c que l'eau n'enlève plus rien d'appréciable à la vue ou au réactifs. On aiguise l'eau de lavage avec un acide (acide nitr que surtout), avec un alcali ou tout autre réactif capable d dissoudre la substance étrangère, sans attaquer le corps qu l'on a en vue d'observer. On a recours à l'action de la brosse lorsque l'adhérence des deux substances résiste aux moyen précédents.

La poussière, la fumée avec ses sels et son huile empyreu matique, les exhalaisons avec leurs sels ammoniacaux, recou vrent tout ce qui gît, vit ou végète au contact de l'air; terre s'incruste sur la surface d'un minéral extrait du sol o de la racine des plantes, et pénètre assez avant dans les inég lités plus ou moins profondes de la surface: dans ce derni cas il est nécessaire de râper, limer, écorcer, tailler, coupe et de vérifier à la loupe le résultat de tant de soins.

25. Une fois le corps obtenu à l'état de la plus grande p reté qu'il est possible d'atteindre par la voie mécanique, s'applique à le morceler et le diviser aussi menu que le pe mettront et le temps et les instruments dont on peut disp ser, afin de multiplier les points de contact du corps avec l réactifs, en multipliant ses surfaces, et d'opérer ainsi sur u plus grande masse dans un temps donné. On se sert sel les circonstances des appareils suivants :

1° Cisailles. Gros ciseaux à manches de tenaille, à lam épaisses et courtes, destinés à couper par fragments les lam ou les cylindres d'un métal.

2° Serpette. Couteau à lame courbe en dedans, desti à trancher nettement une tige d'un faible diamètre, sans al rer la partie vivante que l'on désire ménager.

3° Sécateur. Espèce de cisaille propre à couper les grosses tiges, en ménageant le bourgeon qui se trouve immédiatement au-dessous de la tranche. Cet instrument ingénieux ne diffère de la cisaille qu'en ce qu'une de ses branches est aplatie et se courbe par le plat, de manière à embrasser la tige sur une certaine longueur, et que la lame sécante est ovale, en sorte que le tranchant vient s'adapter, après avoir décrit sa révolution, sur la concavité de la branche courbe. On a soin de donner pour point d'appui, à la branche courbe, la portion de la tige en face de laquelle se trouve le bourgeon qu'on désire ne pas endommager, en sorte que la pression exercée par le tranchant se porte ainsi sur la portion de la tige opposée.

4° Scie. Lame dont le tranchant est divisé en dents aiguës égales, qui affectent divers angles et diverses directions ; elle se place au bout d'un simple manche, ou est tendue, en se fixant par ses deux bouts, dans des traverses en bois que l'on fait pivoter sur un montant, par la torsion d'une corde qui s'attache à leurs deux extrémités opposées à la lame.

5° Les hache-paille et les coupe-racines sont des instruments indispensables dans les expériences industrielles, mais que l'on remplace par l'action du couteau à la main, dans les expériences du laboratoire. Ce sont des instruments qui servent à diviser aussi menu que possible et dans le moins de temps, les tiges et les racines que l'on se propose de faire macérer. Le mérite de ces sortes d'instruments ne consiste pas tant dans la célérité des résultats que dans la finesse et l'exiguïté des tranches obtenues. Leur but étant de mettre à nu la plus grande masse d'organes presque tous microscopiques ; un instrument de ce genre qui fonctionnerait avec le double de finesse et avec le double de la lenteur d'un autre, pourrait être considéré en dernier résultat comme fonctionnant cent fois plus vite que celui-ci.

6° Sous ce dernier point de vue aucun instrument n'est supérieur à la râpe, espèce de crible en tôle ou en fer-blanc,

aux grands trous duquel on laisse toutes les bavures prod par l'emporte-pièce ; ce sont ces aspérités ou bavures qui l'office des dents d'une scie et qui déchirent les organe manière à mettre à nu leur contenu. On donne à la feuill tôle la forme d'un demi-cylindre dont on fixe les bords une planchette ; et pour les opérations en grand, on en fo des cylindres que l'on fait tourner sur leur axe. L'actio la presse ne saurait jamais reproduire les résultats de la r la pression mêle plus intimement les substances hétérog que ne fait la râpe, et elle emprisonne pour ainsi dire p tassement la substance que la dent de la râpe met à nu. Il partient à l'anatomiste et au physiologiste d'éclairer, chaque opération, l'industriel, sur la préférence de l'un o l'autre mode de division mécanique.

7° Les substances dont la dureté résiste à la puissanc la pression ou à la dent de la râpe, on les divise par l'ac de la lime ou par le choc d'un instrument contondant.

La LIME est une tige, un carrelet, une lame aplatie ou pl convexe d'acier très dur, dont la surface est couverte de d de diverses formes, de diverses dimensions et diversemen pacées. On nomme râpes les LIMES dont les dents ont les grandes dimensions ; QUEUES DE RAT, les limes rondes e cônes allongés ; TROIS-QUARTS, les limes triangulaires ; L DEMI-RONDES, les limes à une surface plane et une surface vexe. Les limes rondes servent spécialement à trouer les chons, pour donner passage ou aux tubes de verre ou au go des allonges et cornues ; les trois-quarts servent à coupe fils métalliques ou les tubes de verre, au moyen d'une enta

8° APPAREILS DE PULVÉRISATION. On moud les substa organiques trop dures ou trop exiguës pour être râpées. broie les substances inorganiques qu'il serait trop long de duire en poudre par la lime.

La MEULE est une roue horizontale en pierre, qui broie substances, en tournant sur son axe à une plus ou moins gra distance d'une autre roue immobile, qu'on appelle *m dormante.*

Les instruments contondants employés dans les usines varient de forme et de dimension, autant que l'exigent les besoins de la manipulation.

Dans les laboratoires on remplace l'un et l'autre genre d'appareils par les MOLETTES, les MARTEAUX et les MORTIERS.

9° La MOLETTE est un cône de marbre que l'on promène à la main par sa base, sur une table de marbre, dont la surface est recouverte de la poudre sèche ou humide que l'on désire broyer, pourvu qu'elle soit moins dure que le marbre et non susceptible de l'attaquer; on ne broie jamais à la molette une substance acide.

10° Le MARTEAU, employé fréquemment dans le laboratoire, est un instrument indispensable dans les excursions minéralogiques. Il se termine d'un côté par une tête plate, et de l'autre par une pointe, l'une et l'autre en excellent acier. On en fabrique avec des manches en fer creux, dans l'intérieur desquels se loge un ciseau. La *pointe* sert à creuser, le *ciseau* à détacher, la *tête* à pulvériser.

11° Pour éviter la perte de substance, que le choc des instruments contondants tend toujours à éparpiller, on emploie les MORTIERS. Le mortier est un instrument pulvérisateur, dont la molette est un *pilon*, et la table un vase creusé en segment de sphère. Les uns servent à *piler*, les autres, d'une substance trop fragile, servent à *broyer*. Les premiers sont en fonte, *mortier* et *pilon*, ou bien le *mortier* en marbre et le *pilon* en bois, et sont employés aux pulvérisations grossières, mas seulement dans les ateliers. Les autres instruments de ce genre sont en *verre* (pl. 1, fig. 28), en *porcelaine*, en *agate* (fig. 29) ou en *porphyre*. Les mortiers en verre et en porcelaine sont les moins chers, mais aussi ils sont plus fragiles et plus altérables; il est peu de substances qui ne les raient pas; cependant ils suffisent à la pulvérisation de toutes les substances qui se laissent entamer par le couteau, des sels en général et des substances organiques; le pilon (p) en est arrondi en un segment de sphère d'un moindre diamètre que celle sur

laquelle a été moulé le fond du mortier; l'extrémité contondante en est presque sphérique; cette forme prévient les chocs trop brusques contre les parois du mortier; l'anse qui forme le pourtour du vase est munie d'une rigole (*r*) qui sert à verser les liquides, sans s'exposer à déborder; dans les laboratoires de cabinet, on doit préférer ceux de la plus petite dimension. Les mortiers en *porphyre* sont susceptibles de s'écailler; ceux en *serpentine*, attaquables par les acides et rayés par les cristaux, ne servent bien qu'aux mixtures pharmaceutiques. Les mortiers en *agate* (fig. 29), au contraire sont indispensables, lorsqu'il s'agit de broyer des minéraux on les prend en général de très petite dimension, parce que sous cette forme, ils suffisent aux analyses exactes et coûtent moins cher. Le *pilon* et le fond de ces mortiers sont corrodés sur le même segment de sphère, et les parois internes forment un angle obtus avec le fond; le pilon broie ainsi la substance par un mouvement circulaire. On recouvre quelquefois les mortiers d'une peau ou d'une toile, que l'on fixe d'un côté autour de l'anse du vase, et de l'autre au manche du pilon, afin de prévenir les pertes de substance.

CHAPITRE II.

SOLUTION ET DISSOLUTION.

23. Les liquides ont la propriété de diviser, par leur simple contact, certains corps, en s'en associant, pour ainsi dire jusqu'aux dernières molécules. Cette association intime est une espèce d'assimilation, qui ajoute à la densité du dissolvant sans presque rien changer, en apparence, à la fluidité du liquide. Tous les corps de nature solide à une basse température, deviennent liquides à une température plus ou moins élevée. Nous donnons le nom de liquéfaction au passage

l'état solide à l'état liquide. Nous appelons *liquides* ceux dont la liquéfaction a lieu à la température atmosphérique, et *fusibles* ceux dont la liquéfaction n'a lieu qu'à une température plus élevée. Tout corps en fusion est capable d'opérer une solution. La solution des métaux les uns dans les autres se nomme *alliage*, lorsque par le refroidissement la masse a repris la forme solide.

24. Il suit de là que toute solution qui ternit la limpidité du dissolvant, qui en rend l'aspect louche et laiteux, indique une suspension de molécules divisées, mais non dissoutes, plutôt qu'une réelle dissolution; aussi au moindre repos ou à un certain degré de refroidissement, il s'opère un précipité, et le dissolvant reprend son aspect limpide et diaphane. L'emploi du microscope est éminemment propre à constater le fait avant toute espèce de précipitation; on distingue, en effet, les molécules suspendues dans le liquide, avec les formes qui caractérisent les corps solides, que nous voyons flotter à l'œil nu, à la surface de l'eau ou de tout autre liquide. Mais la puissance grossissante du microscope a ses limites comme la puissance de la vue simple; il doit exister des molécules si petites qu'elles échappent autant à ce moyen d'investigation qu'à l'autre. L'analogie doit suppléer dans ce cas à nos appareils; et nous indiquer une suspension dans toute coloration dont les molécules échappent au microscope. Tout ce qui trouble en effet la transparence d'un liquide incolore, ne s'est certainement pas assimilé à lui.

25. Le *dissolvant* prend encore le nom de *menstrue*.

26. On a cherché à établir après coup une distinction entre les deux expressions dont la langue se sert, pour exprimer l'union intime de la substance dissoute avec le dissolvant : entre la *solution* et la *dissolution*. D'après quelques auteurs, par *solution*, on désignerait l'association de deux liquides qui ne changent point de nature en s'unissant; et par le mot de *dissolution*, l'association de deux liquides qui, en s'unissant, changent de nature ou de propriété. Cette distinction ne se-

rait que nominale ; car, dans ce dernier cas, la dissolution en réalité prendrait la signification de combinaison. Cependant il existe entre ces deux mots la différence qui existe entre les divers synonymes d'une langue ; et si l'on veut faire une liste des phrases dans lesquelles l'une et l'autre expression s'emploient de préférence, on ne manquera pas de reconnaître leurs rapports, et l'on trouvera que le mot *solution* indique l'opération, l'acte de dissoudre, et le mot *dissolution* le résultat de l'opération, l'état nouveau et fixe de deux corps dissous l'un dans l'autre. On *opère* ou on *tente* une solution ; on *tient* en dissolution ou on *évapore* une dissolution.

27. Cette définition nous dispensera donc d'admettre les expressions *solutum*, *dissolutum*, *soluté*, que l'on a cherché à introduire dans le langage pharmaceutique, expressions vides de sens, si les deux autres en ont un positif, entachées de barbarie, comme toutes celles qui résultent de la combinaison des mots d'une langue morte avec les adjectifs ou les articles d'une langue vivante. Pour distinguer la substance dissoute de son dissolvant, nous nous servirons des mots *substance* dans le premier cas, et de *menstrue* dans le second ; pour désigner leur association liquide, nous emploierons le mot de *dissolution* : dans une *dissolution alcoolique de résine*, l'alcool sera le *menstrue* ou le *dissolvant*, et la résine sera la *substance* ; nous en opèrerons la *solution* à *froid* ou à *chaud*, selon que nous abandonnerons la résine à l'action de l'alcool pendant un temps plus ou moins prolongé, à la température ordinaire, ou que nous accélèrerons la marche de l'opération, en soumettant le tout à l'action d'une chaleur plus ou moins élevée, mais incapable de désorganiser la *substance* et son *dissolvant*. Par le mot de substances *solubles*, on désigne les substances solides susceptibles de se dissoudre dans une substance liquide qui prend alors le nom de menstrue. Les *solutions* s'opèrent par divers procédés et à diverses températures, selon la nature et la propriété des *menstrues* et de la *substance soluble*.

28. Imprégnation. L'imprégnation est une dissolution dont le *menstrue* n'est pour ainsi dire que l'accessoire, et dont la *substance* forme le principal ; elle ne semble avoir pour but que d'introduire, dans les pores de la substance, autant de menstrue qu'elle en peut contenir sans changer de structure et d'aspect. On imprègne un sel d'une nouvelle quantité du gaz qui forme son acide ; on imprègne un liquide de gaz et un solide de liquide ; on imprègne un morceau de sucre avec de l'éther, de l'alcool, l'ammoniaque étendu d'eau, ou l'eau pure ; on transforme les carbonates en bi-carbonates en faisant circuler autour du sel les vapeurs du gaz acide carbonique. *L'imprégnation* dispense de la *solution*, et fournit immédiatement les effets de la *condensation* d'une dissolution.

29. Macération (la) est une dissolution qu'on obtient, en laissant séjourner, pendant un temps donné, une substance, principalement les substances organisées, dans un liquide capable de servir de menstrue à l'un au moins des corps élémentaires qu'elle recèle dans la structure de ses tissus.

30. Digestion (la) est une macération qui a lieu à une température intermédiaire entre 30° et le point d'ébullition du menstrue.

31. Infusion (l') est une macération de quelques minutes, obtenue en versant, sur la substance, le menstrue bouillant, et laissant reposer. Le *thé* qu'on nous sert est une *infusion* aqueuse.

32. Décoction (la) est une macération de substances animales ou végétales, obtenue à l'aide de leur ébullition plus ou moins prolongée dans l'eau, selon que la substance est plus ou moins soluble.

Toutes ces expressions s'emploient également pour désigner l'opération et le résultat obtenu. On fait et l'on administre une *infusion*, une *décoction*.

33. La théorie de ces diverses opérations est basée sur la structure anatomique de la substance avec laquelle on opère. En effet, les substances animales et végétales, en quel-

que région de l'individu qu'on les prenne, se composent en dernière analyse de vésicules imperforées que le scalpel ne saurait aborder, et de portions tubulaires de vaisseaux qu'il ne saurait pourfendre à volonté. Les principes solubles sont emprisonnés hermétiquement dans chacune de ces vésicules imperforées, ou séjournent mécaniquement dans les fragments presque capillaires des vaisseaux béants. Les parois ou membranes élémentaires des vésicules sont susceptibles d'être déchirées par la râpe, d'être divisées par le couteau, ou de se désagréger par l'effet d'une lente et intestine élaboration spontanée que l'on désigne sous le nom de *fermentation*. Mais la râpe et les lames tranchantes n'en atteignent que quelques unes et en épargnent le plus grand nombre; le broiement ne les déchirerait toutes qu'en les tassant; la pression reproduirait d'un côté les difficultés qu'elle lèverait de l'autre; elle emprisonnerait, dans des grumeaux, la substance soluble que d'abord elle aurait exprimée de la cellule microscopique. La fermentation ne briserait les parois emprisonnantes qu'en ajoutant de nouveaux produits à la substance emprisonnée, produits dont la théorie est aussi impuissante que la manipulation à faire la part, dans l'état actuel de la science. L'élévation continue de la température, s'oppose à la fermentation, déchire les parois en dilatant la substance incluse dans les vésicules, isole la substance et en opère la dissolution complète, en tenant les parois béantes par l'action du liquide en mouvement. Dans la *macération* à froid on reproduit ce dernier effet, en agitant le vase à la main, en remuant la masse dans le liquide avec une spatule non attaquable par la substance ou le menstrue, ou mieux avec une baguette de verre; mais on n'agit même alors que sur les cellules déchirées par la râpe ou divisées par le couteau, et les autres restent inabordables et ne cèdent rien ou presque rien à la macération.

34. Si l'on désire donc raisonner chacune de ces opérations, il sera nécessaire de les faire précéder par l'étude de la

structure anatomique de la substance que l'on se propose de leur soumettre ; étude dont l'application ne date pas de fort loin, et qui cependant ne laisse pas que d'avoir déjà fait faire quelques pas de plus à la science organique. Il faudra, par des essais préliminaires, avoir reconnu la forme des organes élémentaires et la nature de leur contenu, la région que ceux de même nature occupent, et le genre d'obstacles mécaniques que leur structure est dans le cas d'opposer à l'opération. C'est là le seul moyen d'apprécier les avantages que la macération peut avoir sur la décoction, et la décoction sur l'infusion ; et de parvenir à modifier, en connaissance de cause et sans empirisme, les procédés si souvent routiniers de la manipulation.

35. Il est deux circonstances, dont on a signalé les effets dans quelques opérations de détail, mais dont on a négligé l'importance dans le plus grand nombre de cas, et dont on n'a jamais systématisé la valeur ; on sera peut-être surpris, comme d'une prétention outrecuidante, lorsqu'on m'entendra dire que ces deux circonstances sont l'influence respective de l'air et de la lumière ; cependant rien n'est plus vrai que mon assertion, et bien des dissidences que l'on observe entre les observateurs ne proviennent que de ces deux causes.

36. La lumière imprime à l'action intestine d'une substance organisée une toute autre direction que l'influence des ténèbres ; car les effets de la lumière et des ténèbres sur un organe sont les fractions de l'effet général des mêmes agents sur l'individu (*). Divisez une macération en deux parts, dans deux vases égaux en capacité et bouchés de la même manière ; laissez-les pendant le même espace de temps, l'un exposé à la lumière, et l'autre aux ténèbres, et vous obtiendrez dans l'un des résultats diamétralement opposés à ceux que vous donnera l'autre. La matière verte abondera dans le premier,

(*) Voyez *Nouveau système de Physiologie végétale et de botanique*, tome II, § 1258.

et les moisissures incolores dans le second; les produits acides, résineux et saccharins dans le premier, les produits ammoniacaux, albumineux, mucilagineux et glutineux dans le second; l'odeur du premier sera normale, et l'autre en général fétide, etc.; et ces effets varieront autant que l'intensité de la lumière et des ténèbres, et autant que la température. Tel principe alcalin et en apparence immédiat qui se manifestera ou cristallisera dans une pièce constamment obscure ne donnera pas le moindre signe d'existence dans un endroi constamment éclairé. Les effets lenticulaires de certaines formes de vases en verre, et de certains défauts du verre, seron aussi dans le cas d'ajouter aux variations de ces résultats.

37. L'air atmosphérique réagit sur une substance animal ou végétale imprégnée ou dissoute, même alors qu'on cro en avoir purgé tout le vase dans lequel on opère la macéra tion. Car les substances organisées ont aspiré, pendant le état de vie, dans le réseau pseudo-vasculaire des interstic de leurs vésicules, une quantité plus ou moins considérab d'air, qui y reste emprisonné après la mort, par l'obturatic des bouches des interstices, ainsi que par la puissance iner de la capillarité. Il ne faudrait donc pas croire que l'on chassé tout l'air du vase, après en avoir rempli la capaci de menstrue jusqu'au goulot, ou même après avoir soun quelques instants le liquide à l'ébullition.

38. L'action de la machine pneumatique seule est dans cas de fournir à cet égard un résultat, sur la réalité duqu on n'ait plus le moindre doute à conserver; mais il faut proc der de manière que la substance ne traverse pas de nouve l'air, avant de se plonger dans le liquide. A cet effet, on pla sous le récipient le vase contenant le menstrue, et au-dess on suspend la substance organique par un fil dont l'extrém libre se fixe avec de la cire à la voûte du récipient; on pou le vide aussi loin que le permet la construction de la m chine; à l'aide d'une lentille d'un foyer analogue, on conce tre ensuite les rayons solaires sur un point quelconque de

longueur du fil, qui prend feu en un instant et laisse tomber la substance dans le menstrue; on ramène l'air sous le récipient avec rapidité, l'on se hâte d'achever de remplir le vase de menstrue jusqu'au goulot, et l'on bouche hermétiquement.

39. Ce qui reste d'insoluble après ces diverses opérations prend le nom de *pulpe* ou *marc*; le mélange que le menstrue a enlevé au *marc*, se nomme *extrait*. La richesse de l'*extrait* dépend de la quantité de *menstrue* et du temps qu'a duré l'opération. On épuise le *marc*, non pas de toute la masse des principes qu'il recèle dans ses vésicules, mais de celle que les menstrues sont capables de lui enlever par les procédés grossiers de nos manipulations, en soumettant la substance à plusieurs macérations successives dans de nouvelles quantités de menstrues, jusqu'à ce que les dernières portions paraissent ne pas avoir dissous des quantités appréciables de substance; on jette alors le marc sur un filtre ou sous la presse, et l'on recueille le liquide qui en découle jusqu'à la dernière goutte, si l'on a pour but d'évaluer en poids les rapports des substances, c'est-à-dire d'obtenir une analyse quantitative, selon l'expression des chimistes allemands. On réunit ensuite toutes les portions du liquide obtenu, on *concentre* la liqueur en faisant évaporer le *menstrue*, et l'on obtient la substance *extraite* à l'*état sec* ou *sirupeux*. Le *marc* est la charpente anatomique du tissu animal ou végétal qui se trouve réduit alors aux simples parois des vésicules et des vaisseaux.

40. Les vases spécialement affectés aux dissolutions sont les *bassines*, les *marmites*, les *bocaux*, les *flacons*, les *éprouvettes*, les *ballons* et les *matras*. Les *bassines* sont des vases en fonte ou en cuivre, qui ont la forme d'une calotte de sphère, et sont munis de deux anses opposées sur leur pourtour. Les *marmites* sont des vases cylindriques fermés par

un couvercle, qui multiplie la puissance dissolvante du menstrue, en s'opposant à l'évaporation, et en comprimant de cette manière le liquide. Tout le monde connaît les effets prodigieux de la machine à Papin, c'est-à-dire de la marmite sur laquelle le couvercle est scellé presque à demeure, et dans laquelle les vapeurs engendrées pendant l'ébullition du liquide acquièrent, par la compression, une si grande puissance de désorganisation, que les tissus les plus durs et les plus osseux s'y pulvérisent en poudre impalpable.

41. Le *bocal* (pl. 1, fig. 20) est une marmite en verre sans couvercle, et qu'on recouvre avec une toile ou une feuille de papier pour préserver la *macération* de la poussière. Un *flacon* (fig. 21, 22) est un *bocal* à ouverture rétrécie en goulot (*a*), que l'on ferme avec un *bouchon de liége*, ou mieux, pour les expériences délicates, avec un bouchon de verre (*b*) qu'on a usé à l'*émeri* sur le goulot lui-même, et qui, de cette manière, s'applique presque hermétiquement paroi contre paroi, et ne laisse aucun accès ni aux liquides, ni à l'air ambiant.

42. Les *éprouvettes* (fig. 12) sont des longs tubes de verre *à patte*. Les *verres à expérience* ou *verres à patte* (fig. 19), sont des espèces d'éprouvettes dont le vase est en cône renversé. Ce sont les vases dont on fait le plus fréquent usage dans les essais d'une expérience; car ils doivent à leur forme la propriété de se vider plus vite et plus complétement du liquide ou du précipité dont on n'a plus que faire.

43. Les *ballons* sont des vases de verre sphériques et munis d'un col plus ou moins allongé (pl. 3, fig. 10). Ces vases sont très propres à faire bouillir ou chauffer des petites quantités de liquide; on les place sur des bains de sable, ou bien on se contente de les approcher avec précaution du feu, en les tenant à la main par leur goulot, ou en tenant leur goulot à l'extrémité d'une pince à crochets tapissés d'une petite feuille concave de liége. Pour éviter de casser le verre par le passage subit d'une température basse à une température beau-

coup plus élevée, on a soin d'approcher le vase graduellement du feu, de le présenter successivement à la chaleur par toutes les faces de la *panse*, et de ne jamais le mettre en contact avec la flamme vacillante que projettent çà et là les courants d'air. On nomme *matras* les ballons à col très court (fig. 11); ceux-ci sont généralement plus commodes pour l'ébullition des liquides, vu que, dans les soubresauts, le poids du col entraînerait la panse des autres et occasionnerait ainsi la perte d'une grande portion de liquide. On obvie à cet inconvénient par l'emploi des *supports*, dont nous aurons à parler plus bas, en nous occupant spécialement des appareils de chauffage.

44. Fusion. La solution a lieu par fusion, lorsque la *substance* et le *menstrue* sont également solides à la température ordinaire. Le menstrue se nomme *fondant*; la dissolution à chaud se nomme *pâte*; à froid, elle prend le nom d'*alliage* à l'égard des métaux mêlés entre eux un à un, deux à deux, etc., et celui de *verre*, lorsque le fondant en est la potasse ou la soude, ou bien que le produit acquiert par le refroidissement la texture vitreuse. L'*amalgame* est la dissolution à froid d'un métal dans le mercure; on dit un *amalgame d'or*, pour un alliage d'or et de mercure, etc.

45. Les vases ou fourneaux dont on se sert pour la fusion sont en général en *grès réfractaire*; dans les laboratoires on emploie ordinairement les creusets (pl. 1, fig. 14), petits vases de terre cuite, cylindriques à leur partie inférieure, trigones à leur ouverture, et recouverts d'un couvercle triangulaire de même pâte qu'eux (α). On plonge ces vases remplis des substances qu'on se propose de fondre, de mélanger ou de combiner, dans une masse de charbons incandescents, dont on active souvent la flamme par le courant d'un soufflet de forge; et pour prévenir la volatilisation, on a soin, en certaines circonstances, de luter le couvercle au creuset avec de la glaise, avec laquelle on continue à recouvrir les crevasses

à mesure qu'elles se forment pendant la durée de l'opération. Pour les retirer du feu incandescents et sans accident, on les saisit avec la *pince à creuset* (pl. 1, fig. 31), dont les crochets courbes (α) s'insèrent à angle droit, à l'extrémité de la tige, qui est elle-même coudée à angle droit à une certaine distance. On construit aussi des creusets avec des métaux qui ne fondent qu'à une température bien supérieure à celle à laquelle est susceptible de fondre le mélange; on emploie la fonte pour le plomb et l'étain, et le platine pour une foule d'autres. Il est inutile de faire observer que les dimensions de ces vases varient selon les besoins de l'opération, et qu'on en trouve depuis dix centimètres jusqu'à trois centimètres de hauteur.

CHAPITRE III.

ÉVALUATION APPROXIMATIVE OU ÉTUDE DES RÉACTIONS.

46. La rencontre de deux corps en dissolution, donne lieu à certains phénomènes qui ne se montrent jamais sur l'un et sur l'autre isolément pris. La manifestation de ces phénomènes prend le nom de *réaction*, c'est-à-dire, caractère spécifique de l'action réciproque de deux corps. On appelle *réactif* le corps dont on se sert, pour démontrer l'existence de la substance que l'on soupçonne dans un liquide ou dans un mélange; et on donne le nom de *substance d'essai* à celle que l'on soumet à l'investigation des réactifs. C'est par le nombre de ces *réactions* successives, qu'on évalue approximativement le nombre des corps qui entrent dans la composition d'un mélange ou d'une combinaison.

47. A cet effet, la dissolution obtenue aussi complétement limpide qu'il est possible, et dans un menstrue pur de toute substance étrangère, on en met une goutte en contact avec cha-

que *réactif*, afin d'observer si la réaction fournira une coloration, une effervescence, un précipité caractéristique On prend note de l'absence ou de la présence de tous ces caractères. On soumet les précipités obtenus à de nouvelles réactions, en fractionnant la masse comme on a fractionné la solution; et si la quantité se trouve insuffisante pour les essais, on renouvelle la précipitation sur une fraction plus grande de la dissolution qu'on expérimente.

48. En général, on doit éviter avec le plus grand soin de soumettre une première réaction à l'action d'un second réactif; autrement on s'exposerait à prendre la réaction des deux réactifs l'un sur l'autre, pour la réaction spéciale du second réactif sur la substance d'essai.

49. Des simples verres de montre peuvent servir de récipients à ces sortes d'opérations; mais ordinairement on fait usage, selon les quantités de liquide que l'on a à sa disposition, de tubes de verre fermés par un bout à la lampe (pl. 1, fig. 10), d'éprouvettes à patte (fig. 12) ou de *verres à expériences* (fig. 19). On s'assure qu'aucune réaction spéciale au réactif ne décèle l'impureté du vase; on verse le réactif le premier; on est sûr de cette manière que la réaction sera le fait de l'essai lui-même. Si la réaction obtenue n'était pas normale, ce serait évidemment le résultat des impuretés du vase sur la substance d'essai; on devrait s'en assurer en versant alors dans le vase la substance d'essai la première.

50. Tout phénomène de coloration doit être observé par réflexion et par réfraction, c'est-à-dire en se plaçant entre le flacon et le jour, ou en plaçant le flacon entre le jour et l'œil qui l'observe.

51. On conserve les réactifs, à l'état de la plus grande pureté possible, dans des *flacons bouchés à l'émeri* (*flacons à l'émeri*), qui portent une étiquette en caractères lisibles et dont les mots soient en toutes lettres. Avant et après chaque essai, on a soin de nettoyer le goulot et le bouchon, afin d'éviter les incrustations qui ne manqueraient pas d'altérer le

liquide à un essai subséquent, ou même de sceller le bou dans le goulot de la manière la plus intime. Comme; m toutes ces précautions, on ne saurait empêcher quel gouttes de glisser le long du goulot jusque sur les parois flacon, et d'aller ronger les étiquettes en papier et efface caractères à l'encre ordinaire, on a imaginé de graver quette sur la surface du verre même, ce qui n'en élève le que de 50 centimes. Les réactifs que l'on désire conser l'état solide, sans trop les diviser, se déposent dans des cons *à large goulot et également bouchés à l'émeri*; telles principalement les substances avides d'humidité, et qui sorbent les gaz atmosphériques, les alcalis fixes, qui ne queraient pas de s'hydrater et de se carbonater à la lon si l'on se contentait de les conserver dans ces flacons bou avec du liége, que l'on désigne sous le nom de *flacons à lot renversé*.

52. Il arrive fréquemment aux bouchons usés à l'é d'adhérer si intimement au goulot, lorsqu'on les a laissés que temps sans les ouvrir, que l'on s'exposerait à casser l' du bouchon ou à briser le goulot même, en faisant effort le déboucher. Dans ce cas, on passe l'anse du bouchon l'anneau d'une petite clef dont la tige sert de lévier, et ou trois petites secousses suffisent souvent pour faire tou le bouchon; que s'il résiste à ce moyen, on attache une c savonnée au mur, on en fait deux ou trois tours autou goulot, et en la tenant tendue d'une main, l'on promèn l'autre le flacon dans le sens de la longueur; le frottem qui échauffe le goulot bien avant le bouchon, en augmen diamètre par la dilatation, et le bouchon, qui n'a pas ch de volume, se retire dès lors très aisément. Que si l'adhér provenait d'une incrustation du réactif, on pourrait esp de vaincre la résistance, en laissant le goulot plongé dans l pure ou saturée d'un acide ou d'un alcali, selon l'origin l'incrustation.

53. Dans le laboratoire, on place, sur la table des essais,

boîte de réactifs, formée de deux ou trois rangées ou étagères percées d'autant d'ouvertures circulaires que l'on emploie de flacons. Le nombre de ces flacons dépasse rarement un vingtaine; car les réactifs les plus fréquemment employés se réduisent aux suivants : l'*acide sulfurique, sulfureux* et *hydrosulfurique*, l'*acide hydrochlorique*, l'*acide nitrique*, l'*eau de chaux*, l'*ammoniaque*, la *potasse*, la *soude*, le *nitrate de baryte*, l'*acétate* et le *sous-acétate de plomb*, l'*oxalate d'ammoniaque*, la *solution d'iode*, le *tournesol liquide*, le *prussiate ferruré de potasse*, le *nitrate d'argent*, le *muriate de platine*, l'*alcool*, l'*éther hydrique*, etc.

54. A la base de la boîte se trouve un tiroir dans lequel on dépose divers petits ustensiles, dont on a habituellement besoin, dans le cours de ces essais; des pinces, des baguettes et tubes de verre, et principalement des bandes de *papiers réactifs*. On entend par papiers réactifs, des papiers qu'après certaines préparations destinées à les dépouiller de leurs sels, on colore en rouge, en bleu et en jaune. A cet effet, on lave à l'eau aiguisée d'acide hydrochlorique et ensuite à l'eau distillée, un papier incolore et non collé. On le plonge dans la dissolution de la couleur qu'on veut lui donner, et on le laisse sécher. On le coupe ensuite en petites bandes de trois millimètres de large sur quelques centimètres de long, que l'on conserve, soit dans un tiroir, soit dans un flacon bouché, afin de les préserver de l'action des vapeurs qui se répandent habituellement dans le laboratoire. Les trois couleurs employées dans les essais sont la couleur bleue, la rouge et la jaune. On obtient la couleur bleue avec la solution aqueuse du tournesol (*croton tinctorium*) (*) ; la couleur rouge avec la solution du tournesol, dans laquelle on verse de l'acide acétique; et la couleur jaune avec une solution de *curcuma* ou de *rhubarbe*. Le papier bleu révèle en rougissant la présence d'un acide libre dans une so-

(*) La plupart des couleurs végétales peuvent remplacer le tournesol avec succès. Ce sont principalement les couleurs bleues et rouges des pétales.

liquide à un essai subséquent, ou même de sceller le bouchon dans le goulot de la manière la plus intime. Comme, malgré toutes ces précautions, on ne saurait empêcher quelques gouttes de glisser le long du goulot jusque sur les parois du flacon, et d'aller ronger les étiquettes en papier et effacer les caractères à l'encre ordinaire, on a imaginé de graver l'étiquette sur la surface du verre même, ce qui n'en élève le prix que de 50 centimes. Les réactifs que l'on désire conserver à l'état solide, sans trop les diviser, se déposent dans des flacons *à large goulot et également bouchés à l'émeri*; telles sont principalement les substances avides d'humidité, et qui absorbent les gaz atmosphériques, les alcalis fixes, qui ne manqueraient pas de s'hydrater et de se carbonater à la longue, si l'on se contentait de les conserver dans ces flacons bouchés avec du liége, que l'on désigne sous le nom de *flacons à goulot renversé*.

52. Il arrive fréquemment aux bouchons usés à l'émeri d'adhérer si intimement au goulot, lorsqu'on les a laissés quelque temps sans les ouvrir, que l'on s'exposerait à casser l'anse du bouchon ou à briser le goulot même, en faisant effort pour le déboucher. Dans ce cas, on passe l'anse du bouchon dans l'anneau d'une petite clef dont la tige sert de lévier, et deux ou trois petites secousses suffisent souvent pour faire tourner le bouchon; que s'il résiste à ce moyen, on attache une corde savonnée au mur, on en fait deux ou trois tours autour du goulot, et en la tenant tendue d'une main, l'on promène de l'autre le flacon dans le sens de la longueur; le frottement, qui échauffe le goulot bien avant le bouchon, en augmente le diamètre par la dilatation, et le bouchon, qui n'a pas changé de volume, se retire dès lors très aisément. Que si l'adhérence provenait d'une incrustation du réactif, on pourrait espérer de vaincre la résistance, en laissant le goulot plongé dans l'eau pure ou saturée d'un acide ou d'un alcali, selon l'origine de l'incrustation.

53. Dans le laboratoire, on place, sur la table des essais, une

boîte de réactifs, formée de deux ou trois rangées ou étagères percées d'autant d'ouvertures circulaires que l'on emploie de flacons. Le nombre de ces flacons dépasse rarement un vingtaine; car les réactifs les plus fréquemment employés se réduisent aux suivants : l'*acide sulfurique, sulfureux* et *hydrosulfurique*, l'*acide hydrochlorique*, l'*acide nitrique*, l'*eau de chaux*, l'*ammoniaque*, la *potasse*, la *soude*, le *nitrate de baryte*, l'*acétate* et le *sous-acétate de plomb*, l'*oxalate d'ammoniaque*, la *solution d'iode*, le *tournesol liquide*, le *prussiate ferruré de potasse*, le *nitrate d'argent*, le *muriate de platine*, l'*alcool*, l'*éther hydrique*, etc.

54. A la base de la boîte se trouve un tiroir dans lequel on dépose divers petits ustensiles, dont on a habituellement besoin, dans le cours de ces essais; des pinces, des baguettes et tubes de verre, et principalement des bandes de *papiers réactifs*. On entend par papiers réactifs, des papiers qu'après certaines préparations destinées à les dépouiller de leurs sels, on colore en rouge, en bleu et en jaune. A cet effet, on lave à l'eau aiguisée d'acide hydrochlorique et ensuite à l'eau distillée, un papier incolore et non collé. On le plonge dans la dissolution de la couleur qu'on veut lui donner, et on le laisse sécher. On le coupe ensuite en petites bandes de trois millimètres de large sur quelques centimètres de long, que l'on conserve, soit dans un tiroir, soit dans un flacon bouché, afin de les préserver de l'action des vapeurs qui se répandent habituellement dans le laboratoire. Les trois couleurs employées dans les essais sont la couleur bleue, la rouge et la jaune. On obtient la couleur bleue avec la solution aqueuse du tournesol (*croton tinctorium*) (*); la couleur rouge avec la solution du tournesol, dans laquelle on verse de l'acide acétique; et la couleur jaune avec une solution de *curcuma* ou de *rhubarbe*. Le papier bleu révèle en rougissant la présence d'un acide libre dans une so-

(*) La plupart des couleurs végétales peuvent remplacer le tournesol avec succès. Ce sont principalement les couleurs bleues et rouges des pétales.

trois substances, et même quatre, au lieu de deux : l'alcool, l'eau, l'acide et l'huile.

59. Or, quand le mélange est le résultat ou de l'action intestine et de l'élaboration des organes, ou de la complication des procédés de la manipulation, le chimiste, qui est habitué à prononcer qu'un corps est un corps simple, par cela seul qu'on ne parvient point à le diviser en deux ou plusieurs autres, a dû ériger en principes immédiats plus d'un mélange aussi opiniâtre.

60. Car enfin l'induction ne doit avoir d'autres limites que les faits, et il serait absurde de s'arrêter dans cette voie, par une détermination capricieuse et arbitraire. Or, en procédant par cette méthode, voyons à quels résultats nous aboutirons. Il est incontestable, en chimie inorganique, que l'eau entre pour une quantité appréciable dans la cristallisation de certains corps, qui se précipitent de leur dissolution sous cette forme; on l'appelle *eau de cristallisation*. Sa présence imprime au précipité des caractères spéciaux; elle le rend, par exemple, fusible à une plus basse température ; l'eau de cristallisation, en effet, sert de fondant aux cristaux eux-mêmes; et la fusion exige des températures d'autant moins élevées que la cristallisation est plus régulière et affecte des dimensions plus appréciables. Lorsque le précipité a lieu sous forme d'une poudre presque impalpable, l'eau de cristallisation se réduit à une quantité que l'on néglige; elle se réduit presque à n'occuper que les interstices des molécules isolées du précipité; elle n'est pour ainsi dire qu'une *eau de précipitation ;* et il suffit de la chaleur ou de la plus douce évaporation pour l'éliminer.

61. Mais, si la cristallisation ou le précipité est organique, c'est-à-dire appartient à cet ordre de substances qui résistent à peine à 100 degrés de chaleur, et se carbonisent à sec, au-dessus de cette température, il pourra se faire que la chaleur nécessaire pour éliminer l'eau de cristallisation soit capable d'opérer un commencement de désorganisation sur la substance elle-même, et de la transformer en un produit d'un tout autre

aractère. Comment s'assurer alors, par la voie directe, des aractères essentiels de ce corps? L'analogie seule sera dans e cas de fournir la solution du problème.

62. Que si, au lieu d'une cristallisation régulière, la substance organique ou plutôt organisée s'obtient sous forme de précipité, ce précipité conservant, même dans ce désordre, a tendance à la réorganisation, se prendra en une masse de membranes soudées entre elles en un tissu irrégulier, en un *magma* caillebotté, et chaque maille, en se formant, emprisonnera, dans sa capacité entièrement close, une quantité proportionnelle du liquide qui la dissolvait auparavant, et de celui qu'elle rencontrera sur son passage. La dessiccation spontanée ou à l'étuve pourra enlever la quantité du liquide qui adhère à la surface de la masse; mais la surface, ainsi desséchée et durcie, ne servira que mieux à former obstacle au passage des molécules de l'intérieur. La chaleur, poussée un peu plus haut, dégagerait, à la vérité, ces molécules, mais en altérant la substance elle-même; une exposition prolongée à l'air extérieur pourrait produire le même résultat, mais en transformant la substance, soit en un tissu d'une autre nature, par une nouvelle organisation, soit en gaz, par l'effet de la fermentation. Force sera donc, dans la description, d'attribuer à la substance les caractères que son eau de précipitation sera dans le cas de lui prêter au contact des réactifs, si toutefois l'analogie ne vient pas faire la part des éléments de ce mélange. On nous accordera sans peine l'évidence de ces principes.

63. Mais si le précipité caillebotté rencontre, en se formant, un liquide déjà saturé de quelques autres substances, il est évident dès lors que le précipité enveloppera, dans ses mailles artificielles, non seulement les molécules du liquide, mais encore toutes celles que celui-ci tient en dissolution. Nier la conséquence, ce serait vouloir nier le principe. Donc le précipité organique emprisonnera le réactif lui-même, en quantité plus ou moins considérable, selon que la réaction sera plus prompte ou

plus lente; donc, lorsque la trituration, en déchirant les
nes d'élaboration hétérogène, aura mêlé tous les produits
une macération (29) ou une décoction (32), et qu'on c
chera à isoler, soit par la précipitation, soit par la coagula
un des principes dont on soupçonne l'existence dans le liq
on obtiendra, au lieu d'un principe immédiat, un mél
dont le caractère en apparence spécifique sera la somme
caractères particuliers de chacun de ses ingrédients.

64. Ce qui se passe dans un menstrue doit nécessaire
se reproduire dans tous les menstrues d'un autre genre
qui a lieu, sous ce rapport, dans l'eau, doit avoir lieu égale
dans l'alcool, l'éther, un acide ou un alcali, tel que l'am
niaque; car le même mécanisme doit produire dans tout
lieu le même résultat. Nous devons donc admettre en ch
organique, à moins de nous complaire à l'inconséquence
alcool de cristallisation et un *alcool de précipitation*
éther, un *acide*, une *ammoniaque* de *cristallisation*
précipitation, comme nous venons d'admettre une *ea*
cristallisation et une *eau de précipitation;* nouveaux
langes plus ou moins constants, plus ou moins opiniâtres,
la nature du menstrue et celle du précipité. Or comme
de cristallisation imprime un caractère nouveau à une
stance; l'alcool, l'éther, l'acide, l'ammoniaque, etc., impr
ront à la cristallisation ou au précipité qui se seront formés
leur sein, le caractère de leur spécialité. D'où il s'ensuit
la même substance offrira aux réactions des caractères
rents et parfaitement distincts, selon qu'on l'aura obtenue
cipitée de l'alcool, ou de l'éther, ou d'un acide, ou de l'a
niaque : elle sera acide, précipitée d'un acide; alcaline,
cipitée d'un alcali; fusible à tel degré, précipitée de l'alc
à tel autre, précipitée de l'éther; et si la fusibilité est u
ractère invoqué par le chimiste, la même substance po
prendre de la sorte deux noms différents.

65. Le résultat sera bien plus illusoire encore, lorsq
substance, dissoute préalablement dans un menstrue, ne p

en être isolée qu'à l'état liquide, et surtout si le liquide est volatil, quoique moins que le menstrue ; il arrive, en effet, un point où l'intimité du mélange surmonte la tendance à la volatilisation, et où la désorganisation seule de l'un des deux éléments serait en état de vaincre ce que l'affinité réciproque a irrévocablement uni. En effet, l'affinité étant réciproque, quoique douée chez un des deux éléments d'une énergie moins grande que chez l'autre, il est évident que la substance tend à retenir le menstrue, comme le menstrue tend à dissoudre la substance. Si la puissance de l'évaporation est capable d'éliminer toute la quantité du menstrue qui tenait la substance en dissolution, la fixité de la substance dissoute doit soustraire, à la puissance de l'évaporation, toute la quantité du menstrue qu'elle est elle-même capable de dissoudre. Supposons, en effet, qu'une molécule du menstrue volatil ait la puissance de tenir en dissolution quatre molécules de la substance, il est évident que quatre molécules de la substance auront la puissance de retenir en dissolution une molécule du menstrue, et qu'ainsi la puissance de l'évaporation pourra bien éliminer trois molécules du menstrue, mais ne saurait toucher à la quatrième sans altérer le produit. Le produit isolé de la sorte aura donc par devers lui un quart de caractère qui lui est étranger; et comme il s'agit, en cette hypothèse, d'un état de dissolution qui conserve à chaque élément ses propriétés, et non de l'état d'une combinaison qui serait dans le cas de transformer les propriétés du menstrue et de la substance en une troisième propriété d'un caractère tout nouveau ; il s'ensuit que le mélange participera de l'un et de l'autre des éléments qui le composent ; il s'ensuit que la fluidité de l'un masquera la fluidité habituelle de l'autre; par exemple, si la substance par elle-même est fluide à zéro, et qu'elle retienne $\frac{1}{10}$ du menstrue fluide à — 40°, le mélange acquerra la propriété d'être fluide à — 4° peut-être.

66. Admettons maintenant que le menstrue et la substance soient également volatils, et nous obtiendrons à la distillation

un mélange encore plus illusoire; car nul moyen de départ ne sera immédiatement à notre disposition. En conséquence, les huiles fixes et essentielles acquerront, par leur séjour dans l'alcool et l'éther, des propriétés nouvelles; une portion des résines simulera une huile essentielle après sa dissolution dans ces menstrues; il en sera de même des substances de ce genre qui se seront imprégnées d'ammoniaque ou d'un acide gazeux ou volatil.

67. Nous irons plus loin, et nous établirons, comme une conséquence rigoureusement déduite de ces principes, que le mélange d'un sel végétal ou animal avec excès d'acide volatil ou excès d'ammoniaque, et d'une résine, une huile fixe ou essentielle, ou une substance gommeuse ou albumineuse, sera dans le cas d'acquérir une telle consistance, qu'à nos diverses réactions elle apparaîtra comme une substance indécomposable, et partant comme un principe immédiat. En effet, on emploie, pour éliminer l'ammoniaque, un alcali fixe, (potasse, magnésie, chaux), et pour éliminer l'acide, l'acide sulfurique ou tout autre plus énergique que l'acide végétal. Or il doit paraître évident que les réactifs agiront, en cette circonstance, sur l'excès, et non sur la totalité du sel mêlé à la substance qui lui sert de menstrue. Car ce que nous avons dit de l'affinité de la substance pour la molécule d'acide d'un côté et pour la molécule de base d'un autre côté, s'applique, avec la même exactitude de raisonnement, à la molécule résultant de la combinaison de l'acide et de la base, molécule qui sous ce rapport devient une unité du même ordre que les autres. Il arrivera un point où l'affinité de la substance et du sel qu'elle tient en dissolution, se trouvera telle que la substance ne cèdera pas plus l'un ou l'autre élément du sel, que la molécule du sel en entier; et que la réaction d'une base ou d'un acide plus ou moins énergique ne sera pas plus efficace, pour vaincre cette intimité, que la puissance de l'évaporation elle-même. On se trompera donc grandement, quand on croira avoir éliminé tout l'acide ou tout l'ammoniaque, parce qu'à une époque

de la réact cessera de s'en dégager; on n'aura fait par là que d ier les proportions et ramener le mélange à l'état d'une combinaison inaltérable, dans ce sens que l'on ne pourrait parvenir à éliminer le sel qu'en altérant les propriétés de la substance.

68. Le mélange d'une substance organisée ou organique avec une quantité d'un sel terreux inappréciable à nos procédés d'analyse, sera dans le cas d'offrir des caractères de réaction qui sembleront être inhérents à sa nature; à plus forte raison lorsque la quantité du sel sera appréciable après l'incinération.

69. Que l'on considère maintenant combien les phénomènes de coloration sont susceptibles d'induire en erreur, dans les essais d'une évaluation chimique, et combien il sera facile, sur ces simples caractères, de placer un mélange de deux substances isolément connues au rang d'une substance *sui generis*.

70. Imbibez de l'albumine avec du sucre, et l'acide sulfurique colorera en purpurin le mélange, au lieu de produire un coagulum blanc, qui est le caractère de sa réaction sur l'albumine. Il en sera de même d'un mélange d'huile et de sucre.

72. Coagulez de l'albumine dans une solution de substance soluble de la fécule; et l'iode, qui jaunit l'albumine lorsqu'il est seul, la colorera en hyacinthe ou en superbe bleu, selon la proportion du mélange.

73. Ces mélanges, s'ils se sont opérés à notre insu, seront nécessairement inscrits au catalogue des substances immédiates.

74. Nous aurons l'occasion d'étendre ces applications en parlant de la cristallisation; nous terminerons ce chapitre par la série des réactions les plus usuelles dans les évaluations chimiques; nous les disposerons dans l'ordre alphabétique.

75. Les ACIDES étendus, minéraux ou organiques, dénotent la présence des carbonates, dans un corps solide ou dans un li-

quide, en déterminant un dégagement de bulles d'acide carbonique, qui produit une effervescence d'autant plus vive que la quantité de carbonate est plus considérable. L'acide sulfurique, mais concentré, produit le même effet sur les hydrochlorates, hydriodates et hydrobromates.

76. L'ACIDE HYDROCHLORIQUE concentré colore en purpurin et ensuite en bleu intense l'albumine animale et végétale.

77. Les ACIDES NITRIQUE et HYDROCHLORIQUE peuvent servir à constater un dégagement ammoniacal, en produisant des vapeurs blanches, par la combinaison de leurs propres vapeurs avec celles de l'ammoniaque. Il suffit d'approcher, du point où le dégagement ammoniacal a lieu, le bout d'une baguette de verre trempée dans l'un ou l'autre de ces acides, pour obtenir la réaction indiquée.

78. L'ACIDE NITRIQUE colore en jaune l'albumine fraîche.

79. L'ACIDE SULFURIQUE et même un sulfate décèlent la baryte libre ou combinée dans la solution la plus étendue, en produisant un précipité insoluble dans les acides, même dans l'acide hydrochlorique.

80. L'ACIDE SULFURIQUE coagule en blanc l'albumine fraîche, et en jaune l'albumine qui commence à s'altérer.

81. L'ACIDE SULFURIQUE mêlé à l'albumine liquide ou à l'huile imprime la couleur purpurine la plus intense à une solution concentrée de sucre ou à un tissu saccharin. L'acide sulfurique tenant du sucre en dissolution produit le même phénomène sur des masses ou des dissolutions concentrées d'huile et d'albumine. L'acide arsénieux produit plus lentement le même effet sur le sucre de canne seulement.

82. L'ACIDE HYDROSULFURIQUE détermine, dans les dissolutions de plomb, un précipité brun qui ne se redissout pas dans un excès de l'acide.

83. L'ACIDE TARTRIQUE produit avec la chaux un précipité qui affecte des formes cristallines reconnaissables au microscope (pl. 8, fig. 6), et peut ainsi faire au moins soupçonner la présence de la chaux dans un liquide, à un simple coup d'œil.

84. L'ALCOOL concentré précipite, de leurs liqueurs suffisamment concentrées, l'albumine, la gomme, l'amidon liquide, en flocons blancs et caillebottés. Il dissout les résines, les huiles essentielles, et une certaine quantité d'huiles grasses, mais moins à froid qu'à chaud.

85. L'AMMONIAQUE liquide détermine, dans les dissolutions de sels cuivreux, un précipité verdâtre qui se redissout dans un excès d'ammoniaque, et prend alors une couleur d'un beau bleu.

86. L'AMMONIAQUE produit, dans les dissolutions de magnésie, un précipité blanc pulvérulent qui se redissout en entier dans l'hydrochlorate d'ammoniaque; et, dans les sels d'alumine, un précipité abondant insoluble dans l'ammoniaque et dans l'hydrochlorate d'ammoniaque, ce qui le distingue du précipité magnésien.

87. La CALCINATION noircit et charbonne les substances organiques, en dégageant des fumées empyreumatiques.

88. La CHALEUR coagule en blanc l'albumine et transforme en gelée l'amidon.

89. L'ÉTHER peu miscible à l'eau, dissout plus facilement les résines et les huiles essentielles que ne fait l'alcool.

90. La solution AQUEUSE ET LÉGÈREMENT ALCOOLISÉE D'IODE, colore en beau bleu l'amidon pur, la résine de Gaïac, le pollen des plantes; la couleur vire au violet, au purpurin, sur l'amidon mélangé ou altéré par la fermentation et la chaleur; la présence d'un carbonate ou d'un alcali dans la solution, s'oppose complètement à la réaction; c'est pourquoi on a soin

d'aciduler la solution, avant de la soumettre au réactif. L'emploi du microscope donne les moyens de distinguer l'amidon, du pollen et de la résine de Gaïac.

91. La plupart des MÉTAUX, bien décapés, servent à mettre en évidence la présence d'un autre métal dans une solution quelconque ; leur surface se couvre en effet d'une couche de particules du métal de la dissolution. Le zinc précipite de la sorte la plupart des métaux. Le fer précipite sur sa surface le cuivre à l'état métallique.

92. Le MURIATE DE PLATINE produit, dans les dissolutions qui renferment de la potasse libre ou combinée, un précipité jaune clair, qui, au microscope, affecte des formes cristallines en conservant sa teinte dorée. L'*acide tartrique* détermine aussi, dans une solution concentrée de potasse, un précipité de tartrate de potasse, dont les formes cristallines sont très reconnaissables au microscope (pl. 8, fig. 9). Le précipité est moins instantané dans une dissolution de sulfate de potasse. La réaction du *muriate de platine* sur l'ammoniaque libre ou en combinaison, est à l'œil nu à peu près la même que sur la potasse; ce qui doit engager l'observateur à s'assurer avant tout de l'absence de l'ammoniaque, ou à chercher à l'éliminer par l'incinération.

93. Le NITRATE D'ARGENT liquide dénote la présence de l'acide hydrochlorique, libre ou combiné dans le liquide d'essai, en y déterminant instantanément un nuage blanc qui se précipite en un magma caséeux, et prend au contact de l'air une couleur violette hyacinthe ou violette plus ou moins intense. Le magma conserve au microscope ses formes caillebottées. Ce précipité est insoluble dans l'acide nitrique ou hydrochlorique étendu ; mais il se dissout à froid dans l'ammoniaque, et à chaud dans l'acide hydrochlorique très concentré.

94. LE NITRATE DE BARYTE indique la présence de l'acide sulfurique libre ou combiné dans un liquide, en occasionnant un

précipité blanc qui ne se redissout point dans les acides, dans l'acide hydrochlorique, par exemple, et qui est inaltérable à un feu ordinaire.

95. L'ODEUR est une réaction caractéristique de certains corps; mais l'odeur ne saurait se décrire, elle ne peut que se comparer. L'odeur alliacée dénote la présence de l'arsenic dans une substance inorganique que l'on projette sur des charbons incandescents. L'odeur du chlore est caractéristique, et ressemble un peu à celle de l'acide nitreux et de l'acide sulfureux; l'habitude seule est dans le cas d'apprendre à l'en distinguer. Celle de l'iode se rapproche de l'odeur du safran. L'acide sulfurique, chauffé par son simple mélange à l'eau, répand une odeur distincte. L'ammoniaque qui se dégage se décèle évidemment à l'odeur, qui est à peu près aussi celle du carbonate d'ammoniaque; leurs vapeurs provoquent les larmes. Il en est de même de l'acide acétique. L'addition d'une goutte d'acide hydrochlorique imprime une odeur différente du tout au tout aux odeurs végétales et animales; les plus fétides prennent alors un bouquet qui se rapproche de l'odeur caséique, de l'odeur de la violette, de celle de la pomme rainette, etc. Les phosphates acides d'ammoniaque impriment à l'haleine de certaines gens une odeur repoussante.

96. Au reste, les organes de l'odorat et du goût sont deux réactifs dont les indications varient suivant les individus. Chacun doit se faire, à cet égard, par l'habitude et la mémoire, une table d'indications à son service; les réactions en tout genre n'étant, en définitive, que des signes qu'on ne cherche pas à transmettre aux autres, et qui ne servent qu'à nous tracer la voie qui conduit à la démonstration.

97. La dissolution d'OXALATE D'AMMONIAQUE sert à manifester la présence d'une faible quantité même de chaux à l'état libre ou combinée dans un liquide neutre. Une seule goutte de ce réactif se transforme, en tombant, en un nuage blanc, qui se résout et se distribue dans la substance, pour

aller former au fond du vase, au bout de quelques instants de repos, une couche blanche et pulvérulente d'*oxalate de chaux*, qui se dissout sans effervescence dans les acides minéraux, et qui n'offre au microscope que des corpuscules isolés, sans aucune forme déterminée. Ce précipité, soumis à une forte chaleur, se change en carbonate de chaux, qui fait alors effervescence avec les acides (75); soumis à une chaleur plus forte encore, il se change en chaux vive, en brûlant avec une éblouissante incandescence, et ramène, après le refroidissement, le *papier réactif rouge* (54) à un bleu très intense.

98. Le PAPIER BLEU ou la solution de tournesol dénotent la présence d'un acide libre, en passant au rouge. Lorsqu'on opère sur des gaz, on a soin de mouiller préalablement le papier avec de l'eau distillée.

99. Le PAPIER ROUGE ou la solution de tournesol déjà rougie par un acide, dénote, en passant au bleu, la présence d'un alcali fixe ou volatil, mais libre, ainsi que les carbonates alcalins et les sels alcalins avec excès de base.

100. La POTASSE concentrée, en dissolvant un corps fusible à une haute température, mais indécomposable par la chaleur et inattaquable par les acides, démontre que ce corps est de la silice que l'on précipite en gelée par l'acide sulfurique.

101. La POTASSE concentrée dégage, de ses sels ou de ses dissolutions, l'ammoniaque en vapeur, qui se décèle, soit à l'odorat, soit à l'aide de papiers réactifs.

102. Le PRUSSIATE FERRURÉ DE POTASSE liquide, dont la teinte est légèrement jaunâtre, dénote la présence du fer, dans un liquide incolore préalablement aiguisé avec un acide (l'acide nitrique, par exemple), en colorant le liquide en *bleu indigo*, qui se précipite et que décolore la potasse en excès; c'est le bleu qu'on désigne en grand sous le nom de *bleu de Prusse*. Les substances solides, imprégnées de ce réactif, prennent la même

coloration, lorsqu'elles possèdent du fer dans leurs couches externes; les fragments de nos pierres meulières finissent par ressembler, dans ce réactif, à des grumeaux de bleu de Prusse du commerce; les polypiers cartilagineux et rougeâtres de nos eaux douces y prennent une magnifique teinte indigo.

103. L'influence exercée par un corps ou un liquide donné sur l'aiguille aimantée, sert aussi à constater la présence du fer dans ce corps. Lebaillif a construit dans ce but un appareil qu'il a nommé *sidéroscope*, à l'aide duquel il parvenait à découvrir dans un corps quelconque, même dans l'argent de coupelle, des quantités si minimes de fer, qu'aucune autre réaction n'aurait jamais pu en faire soupçonner l'existence. Le cobalt et le nikel réagissent comme le fer sur l'aiguille aimantée, ce qui fait que cette indication ne suffit pas toujours seule. Cet appareil tel qu'il a été perfectionné par Saigey (pl. 2, fig. 5), se compose d'une cage de verre (*a a a a*) ayant la forme d'un parallélipipède qui repose à rainure sur une tablette (*b b b*) appuyée sur quatre vis à caler. La cage est faite en lames de verre jointes entre elles, par des substances et avec de la colle entièrement exemptes de fer. La face antérieure par laquelle on doit opérer, ne porte qu'une demi-bande de verre (*a' a'*), afin de permettre l'introduction des corps à essayer. Sur le milieu de la face supérieure on pratique une ouverture circulaire à laquelle s'adapte un tube vertical en verre (*c*). La tablette peut avoir 14 pouces de long sur 6 de large hors d'œuvre. Cela fait, on prépare une paille de graminée (*Avena sterilis*, Seigle et autres Graminées à entrenœuds longs et déliés et d'un diamètre à peu près égal à chaque bout de l'entrenœud); pour la dresser, on la mouille, on la suspend, munie d'un certain nombre de poids à son bout inférieur, et on la chauffe jusqu'à dessiccation ordinaire par l'approche d'un fer chaud. Ensuite, on coupe de part et d'autre ses deux articulations, en lui laissant 9 pouces de longueur; on adapte à chaque extrémité une aiguille à

coudre préparée et aimantée à saturation, ayant environ 36 millimètres de long; chacune de ces deux aiguilles entre à moitié dans le tuyau de la paille (*d d*), mais de telle sorte que deux pôles de même nom soient à l'intérieur, et deux pôles de même nom soient à l'extérieur. On suspend horizontalement cette aiguille à un fil de cocon dédoublé (*e*) attaché à un étrier de laiton (*f*) qui est mobile de bas en haut, et entre à frottement dans l'ouverture supérieure du tube (*c*). On produit l'équilibre parfait au moyen d'une bride triangulaire de papier qui termine le fil de cocon, et dans laquelle on introduit la paille; lorsque l'horizontalité parfaite est obtenue, on la maintient en insinuant un peu de colle d'amidon entre l'aiguille et la bride de papier. On a alors une aiguille *astatique* et d'une sensibilité extrême, ce qui exige, de la part de l'opérateur, les plus grandes précautions. Pour obtenir les indications que l'on cherche, on évite d'imprimer des secousses à l'instrument; on le garantit des courants d'air et même de sa propre haleine. On approche les corps de l'extrémité de l'aiguille, en les présentant au bout d'une bande de papier ou d'une règle qui ne réagisse pas elle-même sur l'aiguille; et l'on évalue les quantités de fer que le corps est dans le cas de contenir, par la distance où l'influence se manifeste. On obtient ces évaluations, au moyen d'une bande de papier en arc de cercle gradué, dont le fil de cocon est le centre, et l'extrémité de l'aiguille l'extrémité du rayon. Cette bande (*g*) est collée sur la surface de la tablette (*bbbb*) du côté de l'observateur (*a a' a'*). Dès que l'observation est terminée, on a soin d'abaisser l'étrier (*f*) et de descendre l'aiguille sur la tablette, pour que le poids des deux aiguilles d'acier n'arque pas la tige de paille. Lebaillif constata le premier le phénomène curieux que présente le bismuth et l'antimoine, dont la présence à une certaine distance repousse l'aiguille aimantée, au lieu de l'attirer; Saigey démontra, par les expériences les plus délicates, que ces phénomènes appartenaient, quoique avec moins d'intensité, à tous les corps de la nature.

is, dans les réactions chimiques, c'est l'intensité qu'on in-
que, et, sous ce rapport, les indications de cet instrument
nt aussi précises que celles des réactifs ordinaires

104. La SAVEUR a aussi une valeur caractéristique comme ction ; on la distingue en styptique, piquante, astringente, ûlante, sucrée, fade et insipide. La présence du fer communique à toutes les solutions organiques une saveur spéciale i prend, en certaines circonstances, le caractère nauséabond la chair qui macère dans l'eau. Il est des mets qui m'inspiat une répugnance insurmontable, lorsque je me sers pour manger d'une cuillère de fer.

105. Le SOUS-ACÉTATE DE PLOMB produit, dans les dissolums de gomme ou de sucre, un précipité floconneux blanc i est un mélange intime de la substance organique et d'oxide plomb. On élimine la substance organique par l'acide sulrique qui forme un sulfate de plomb insoluble.

106. Le SULFATE DE CHAUX dénote la présence de l'acide oxaque combiné, en occasionnant un précipité d'oxalate de chaux e l'on reconnaît ensuite à ses autres caractères.

107. Les inductions que l'état actuel de la science nous aurise à tirer de chacune de ces réactions, ne sont pas tellement igoureuses que l'on soit en droit de procéder à la légère et e se hâter de conclure sur une ou deux réactions. Les prorès ultérieurs de nos études diminueront l'importance de uelques uns des caractères que nous avons donnés, en nous aisant découvrir que le même caractère, d'une valeur exclusive aujourd'hui, peut convenir à deux substances hétérogènes. En chimie organique, de pareils mécomptes nous arrivent chaque jour, et nous imposent une réserve de plus en plus sévère. C'est dans cette branche de la science que l'on doit proclamer hautement la nullité d'une seule réaction, et la nécessité de les soumettre toutes à une discussion fondée sur les règles de l'analogie. Le présent ouvrage est destiné à for-

muler ces règles, et à introduire dans la chimie organique des méthodes de précision.

108. L'étude de toute réaction est une comparaison de ce qu'on voit avec ce qu'on a vu, dans le but de constater l'identité de la cause par la ressemblance des effets ; mais il ne faut jamais que ce soit une comparaison de ce qu'on voit avec ce qu'on a lu. La mémoire des mots ne saurait jamais compenser la mémoire des faits, pas plus que tout l'artifice de la narration ne saurait égaler la vérité du spectacle. Aussi aura-t-on fréquemment à s'applaudir, dans toute espèce d'expérience d'opérer par ce que j'appellerai la *double réaction*, la *réaction d'essai* et la *réaction positive*, c'est-à-dire de reproduire de toutes pièces sous ses yeux, et avec deux substances connues la réaction qui caractérise la présence des deux substances dans le liquide d'essai, et de conduire parallèlement ces deux expériences, pour observer simultanément les deux ordres d'effets. On sera sûr, de cette manière, non seulement d'obtenir des résultats non susceptibles d'être contestés, mais encore de rectifier les observations consignées dans les livres, et qui, à force de passer de compilation en compilation, ont fini par devenir méconnaissables.

109. Une fois qu'on aura épuisé la série des réactions indiquées, et reconnu ou soupçonné la présence des divers corps qui composent le mélange soumis à l'analyse, on cherchera à obtenir chacun d'eux isolément, afin d'en reconnaître les caractères et la quantité, avec une évidence qui ne laisse plus rien à désirer. On y parviendra par une nouvelle série d'opérations, que nous allons successivement décrire dans les chapitres suivants.

CHAPITRE IV.

PRÉCIPITATION.

110. **Précipiter** un corps, c'est détruire la force qui le tenait en dissolution dans un liquide, et le rendre à la loi de la pesanteur. Lorsque cet effet a lieu, le liquide perd tout-à-coup sa transparence ; on voit même, à l'œil nu en général, une poudre impalpable ou des flocons plus ou moins cotonneux, descendre lentement ou se précipiter en masse vers le fond du vase, et y former bientôt une couche homogène qu'on désigne sous le nom de *précipité*. Les *substances organisatrices* se précipitent en grumeaux pseudo-membraneux plus ou moins compactes, plus ou moins divisés, qu'on désigne sous les noms de *magma, coagulum, caillot*. Les substances inorganisées sont *précipitables*, les substances organisées sont *coagulables*.

111. Le précipité est *nuageux* quand il produit, en se manifestant dans le liquide, les aspects de ces nuages ondoyants que nous voyons changer mollement de dimensions et de formes sur la voûte des cieux ; il est *floconneux* quand il imite, au contraire, en se formant, une giboulée de neige; autrement il est *pulvérulent* ou *cristallin*, selon que ses molécules affectent des formes distinctes à la vue ou au microscope.

112. Le *magma* est une précipitation en général organisée, qui imite une *émulsion* sirupeuse, plutôt qu'un *coagulum*.

113. Le *coagulum* est une précipitation organisée, qui se prend en une masse glutineuse, analogue au blanc d'œuf que l'on a soumis à une première impression de chaleur.

114. Le *caillot* est le *coagulum* du sang; on dit un coagulum *caillebotté*, pour désigner un coagulum qui se divise en grumeaux cotonneux comme le *lait caillé*. Le liquide d'où on

précipite ce coagulum prend le nom de *sérum* pour le sa et de *petit lait* pour le lait. La *sérosité* est un *sérum* con vant un *œil louche et laiteux*.

115. L'*émulsion* est une *sérosité* produite par la mixtion l'eau avec une substance oléagineuse, spécialement avec amandes triturées.

116. L'aspect *louche, nuageux* et *laiteux* d'un liquide dique infailliblement une suspension de substances, qui ne s pas assez pesantes à achever leur complète précipitation. temps, l'élévation ou l'abaissement de la température s sent, pour opérer la précipitation de la plupart de ces s stances tenues en suspension.

117. Toute précipitation est le résultat d'un changem survenu dans les rapports du *dissolvant* (25) avec la *substa dissoute*. On la produit, en modifiant les conditions de den ou d'affinité, soit de la substance, soit du dissolvant. Le 1 lange d'un liquide avec le menstrue précipite la substance soute, pour laquelle le liquide nouveau n'a aucune affin mais non le liquide que l'on modifie. L'alcool versé dans eau saturée de *gomme* ou d'*albumine*, en précipite ces d corps, parce que l'alcool qui dissout l'eau, ne saurait soudre la *gomme* et l'*albumine*. Une base dissoute dans liquide est précipitée par un acide qui la transforme en un insoluble; la potasse, par l'acide tartrique en excès; la bar par l'acide sulfurique. Ce précipité est le résultat d'une sim combinaison. Deux sels également solubles, dans le m menstrue, versés l'un dans la solution de l'autre, peuvent p duire une précipitation, en échangeant leurs bases et le acides, et en formant ainsi deux nouveaux sels dont l'un soluble et l'autre insoluble; l'acétate de chaux et le sulfat potasse, également solubles dans l'eau, se transforment ins tanément en acétate de potasse qui reste soluble, et en sul de chaux qui se précipite. Ce genre de précipité est le rés d'une *double décomposition*. Dans ces deux derniers pr pités, c'est la substance qu'on a modifiée, le menstrue res intact.

118. La LÉVIGATION est une série de précipitations; on l'emploie à l'égard, soit d'une substance dont les molécules, affectant diverses dimensions, se précipitent plus lentement les unes que les autres, et forment des couches superposées de densités décroissantes de bas en haut; soit de plusieurs substances ayant chacune des molécules d'une différente densité. On divise la durée de l'opération en autant de fractions de temps qu'il existe de degrés de densité dans les molécules précipitables; on agite la masse dans le liquide, de manière à y répartir uniformément les molécules; lorsqu'on s'aperçoit que la couche du même nom est achevée, et que celle du nom suivant commence, on se hâte de *transvaser* et de *décanter* le liquide qui surmonte, c'est-à-dire de le verser doucement dans un autre vase, où l'on se propose de recueillir la seconde précipitation; et, dès que celle-ci est opérée, on décante de nouveau dans un autre vase, et ainsi de suite.

119. Mais comme on n'est jamais sûr que toutes les couches se soient formées sans mélange; comme, au contraire, il est évident que chaque molécule plus pesante a dû entraîner, dans sa chute, une ou plusieurs molécules d'une autre densité, qu'elle aura successivement rencontrées dans le trajet, on reprendra chaque couche en sous-œuvre, on l'agitera dans une nouvelle quantité du liquide dans lequel elle est insoluble, et l'on décantera une seconde fois d'après les procédés de la première. On répétera ces opérations jusqu'à ce qu'on se soit assuré que la couche obtenue est aussi homogène qu'il est donné à nos procédés de l'obtenir.

120. On DÉCANTE un liquide dont on ne veut plus rien obtenir pour l'expérience que l'on poursuit; on *transvase* un liquide dont on a un nouveau départ à attendre; sous le rapport de la manipulation, la différence est toute dans les mots.

121. La lévigation peut fournir un excellent moyen d'analyser une poudre organique, une farine, par exemple, et donner des indications aussi approximatives que le demandent

certaines opérations industrielles. Nous avons depuis lon temps signalé (*) les ressources que ce procédé est dans cas d'offrir, si on l'associe aux procédés d'investigation de nouvelle méthode.

122. On LAVE le précipité, pour le dépouiller des sub stances solubles dans le liquide d'où on l'a précipité, sub stances qui ne peuvent manquer d'adhérer aux molécul plongées dans le dissolvant. On se sert à cet effet du *tamis* o du *filtre*.

123. Les *tamis* sont ou métalliques, ou en peau, en tiss de crin ou de soie. Les tamis métalliques ou en peau so composés d'une lame de métal ou de peau criblée de trous l'emporte-pièce. Les tamis en crin ou en soie sont compos d'un tissu de crin ou de soie. Les trous des premiers et l mailles du tissu des seconds varient en diamètre selon l diamètre des molécules qu'on se propose de *tamiser*, c'est à-dire de retenir au-dessus du tamis, en donnant issue à toute les autres molécules. Il est des opérations industrielles q exigent l'emploi successif d'un assez grand nombre de tami en peau d'une porosité décroissante; tel est le *sassage* de gruaux de farine. Dans les laboratoires on ne fait usage e général que de petits tamis en crin pour les opérations gro sières, et en soie pour le tamisage de substances plus ténue

124. Il est des tamis métalliques, dont la porosité est exiguë qu'ils servent facilement de filtre, si on a la précau tion d'y tasser la substance; telles sont les plaques des caf tières dites à la Belloy.

125. Ce qui distingue le *filtre* du *tamis*, et la *filtration* d *tamisage*, c'est que pour le tamis le départ a lieu à sec par le déplacement mécanique des molécules, et par des se cousses imprimées à l'instrument; tandis qu'avec le filtre, l départ a lieu par la voie humide, et en ne donnant issu

(*) *Essai d'analyse sur le pain des prisons, par un homme qui en mangé.* (*Journal le Lycée*, 4 décembre 1831.)

qu'aux substances qu'on désire éliminer sous la forme liquide et à l'état de dissolution. Le tamis sépare, et le filtre lave.

126. Dans la MALAXATION des farines, le tamis fait le double office de tamis et de filtre. La substance farineuse des céréales en effet, en la supposant réduite à la substance du périsperme, se compose encore, outre les substances solubles dans l'eau, de deux substances dont les grumeaux, à l'état sec, sont susceptibles d'affecter le même calibre : je veux parler de l'amidon et du gluten. Ces deux substances, à l'état sec, resteraient sur le tamis ou passeraient toutes les deux à la fois, à travers les mailles, qui auraient été pratiquées pour donner passage aux molécules de l'une seule. Mais l'amidon, insoluble dans l'eau, affecte des formes constantes, et se compose de globules solides, qui s'isolent spontanément sous le moindre filet d'eau; tandis que les parcelles de gluten, humectées d'eau, contractent entre elles de nouvelles adhérences, et sont susceptibles de se grouper en un nouveau tissu artificiel; il suffit pour cela de les tenir en contact, et de les rapprocher. Lors donc qu'après avoir pétri une farine avec de l'eau on désirera en séparer la fécule, il suffira de presser cette pâte sous un filet d'eau, en la retenant dans les mains, qui formeront ainsi un appareil de déchirement, de pression et un tamis à la fois, et l'on entraînera avec le liquide tous les globules d'amidon que le déchirement du tissu glutineux aura mis à nu. L'eau passera laiteuse par la présence de ces globules blancs; mais comme des parcelles de gluten ne manqueront pas de passer à leur tour à travers les doigts, on les arrêtera sur le tamis qu'on aura soin de tenir au-dessus de la terrine destinée à recueillir le liquide qui entraîne l'amidon, plus quelques parcelles de gluten de même calibre que les grains d'amidon; on en dépouillera cette dernière substance, par le moyen de l'acide acétique faible, ou par la désorganisation intestine de la fermentation, deux réactions qui rendent le gluten soluble dans l'eau où l'amidon reste insoluble.

127. Le FILTRE proprement dit est en étoffe ou en papier.

Recouvrez le goulot d'un vase avec une pièce d'étoffe ou une feuille de papier, de manière à former un espèce de godet, dont la convexité soit tournée du côté du fond du vase; versez dessus un mélange de substances hétérogènes dont les unes liquides et susceptibles de passer à travers les mailles de l'étoffe et du papier, et les autres solides, et d'un calibre plus grand que les mailles du tissu; l'étoffe ou le papier formeront le *filtre*, le goulot formera l'*entonnoir*, le liquide qui passera à travers les mailles du tissu sera la liqueur filtrée, et l'opération se nommera *filtration*. Cette forme générale varie selon les besoins et les ressources de la manipulation, et selon le degré de précision que l'on désire atteindre. Pour les usages domestiques, on filtre l'eau de rivière à travers une couche de sable ou de pierres poreuses; dans les sucreries, on filtre les sirops en les recouvrant d'une couche d'argile; dans l'officine des pharmacies, on filtre les sirops clarifiés au charbon, à travers une pièce carrée d'étoffe de laine que l'on tend légèrement sur un châssis hérissé de pointes, soutenu sur quatre pieds, et placé au-dessus d'une terrine; les grumeaux coagulés par le charbon animal, sont d'un tel calibre que pas un des plus petits ne saurait passer à travers les mailles de ce filtre, et le liquide passe seul limpide et incolore; pour certaines autres opérations, on a soin de recouvrir l'étoffe avec des feuilles de papier joseph.

128. Dans le laboratoire, on ne filtre presque qu'au papier joseph, ou papier sans colle; on choisit de préférence celui dont la pâte est homogène et qui à travers jour n'offre point de *manques*, c'est-à-dire de ces taches lumineuses qui annoncent des solutions de continuité. On a soin de le laver préalablement à l'acide hydrochlorique ou nitrique étendu d'eau, lorsque l'on craint que les sels terreux qui l'accompagnent toujours ne viennent compliquer les recherches; on le dépouille ensuite de son acidité en le lavant à l'eau distillée, on le laisse sécher à l'air, et on le conserve à l'abri des émanations, pour les besoins ultérieurs du laboratoire.

129. Pour filtrer au papier joseph on emploie un entonnoir en verre (pl. 1, fig. 18 *e*), espèce de cône ouvert à la base et au sommet, et qui s'introduit par le petit bout dans le goulot des flacons. On plie une feuille de papier joseph en quatre carrément, puis chaque grand pli en deux autres plis secondaires, puis chaque pli secondaire en deux autres, et ainsi de suite selon les dimensions de la feuille. On obtient de la sorte un nombre de divisions convenables, mais dont les angles rentrants et sortants n'alternent pas, inconvénient que l'on répare, en reprenant le ployage par un des bouts du papier, et le continuant jusqu'à l'autre, sans s'écarter des premiers plis. Cela fait, on sépare les deux lames de la feuille de papier; elle s'étale en une espèce d'entonnoir plissé qui s'introduit sans effort dans l'entonnoir de verre, en tapisse toute la surface de ses plis nombreux, et offre à sa pointe une assez grande solidité pour n'avoir rien à craindre de la pesanteur de la masse liquide. On reconnaît une main exercée à l'élégance de la construction d'un filtre de papier; et l'élégance en toute chose est l'expression la plus rigoureuse de la solidité.

130. Lorsqu'on veut recueillir le liquide filtré dans un verre à patte (*v*, pl. 1, fig. 18), ou autre vase d'une forme analogue, on soutient l'entonnoir en équilibre au moyen d'un trépied (*s*) à tablette perforée, ou de l'un des cercles des supports à vis de pression (pl. 3, fig. 11, *c*).

131. Afin de ne pas défoncer le filtre, dès le début de l'opération, on a soin de ne verser le liquide que sur les parois du filtre. Les premières liqueurs passent toujours plus ou moins troubles; on les rejette une seconde et une troisième fois sur le filtre, dans le fond duquel le dépôt des matières solides forme une couche de moins en moins perméable aux impuretés. On continue la filtration avec un autre entonnoir et un nouveau filtre, lorsque le dépôt, qui se forme au fond du premier, est devenu si compacte qu'il ne laisse plus passer, dans un temps donné, que des quantités insignifiantes de liquide.

132. Il est des substances solides réduites à un tel état de ténuité qu'elles passent avec le liquide à travers les mailles du papier joseph le plus homogène; on se sert alors de filtres à autant de doubles de papier que l'on juge convenable d'employer pour s'opposer au passage de ces substances. En effet, lorsque toutes ces feuilles humectées de liquide se sont appliquées et presque collées les unes contre les autres, leurs mailles respectives s'entrecroisent; et on obtient un nouveau tissu dont les mailles sont d'autant plus étroites que les feuilles de papier superposées sont plus nombreuses.

133. Le col de l'entonnoir s'adapte si bien à l'ouverture du goulot des flacons, surtout lorsque le liquide en mouille la surface, que l'air de l'intérieur ne pouvant trouver aucune issue, fait équilibre au liquide du filtre, et s'oppose d'une manière insurmontable à son écoulement. On a soin, pour prévenir cet accident, de placer, entre le col de l'entonnoir et le goulot, deux ou trois plis de papier, qui forment ainsi deux ou trois larges orifices béants.

On obtiendrait le même résultat, en introduisant un tuyau de paille dans le col même de l'entonnoir, que l'on tamponnerait ensuite avec du papier joseph, préalablement humecté d'un liquide analogue à celui qu'on se propose de filtrer. Le tuyau de paille donnerait passage à l'air du flacon, sans s'opposer à la filtration de la substance.

134. La filtration des liquides volatils exige des précautions spéciales. On perdrait trop, ou l'on s'exposerait à de trop graves accidents, en filtrant en plein air : or, on filtre aussi souvent des liqueurs alcooliques et éthérées que des liqueurs aqueuses. Le moyen suivant est aussi facile que peu dispendieux, lorsqu'il ne s'agit que des deux premiers menstrues : avant de placer le filtre en papier dans l'entonnoir, on introduira un tuyau de paille ou un tube de verre d'un petit diamètre dans le col, de manière que le tube dépasse, par ses deux bouts, la longueur du filtre ; on s'assurera que le filtre n'a pas été endommagé, en essayant de filtrer une

petite quantité de liquide; cela fait, on lutera le col de l'entonnoir avec le goulot du flacon, au moyen d'une substance insoluble et inattaquable par le menstrue, ou bien on les liera l'un à l'autre par une membrane animale mouillée, telle que la vessie de cochon, que l'on ficellera fortement pour la rendre plus adhérente aux surfaces du verre. On recouvrira l'ouverture de l'entonnoir d'une membrane de ce genre, que l'on rabattra tout autour, et que l'on ficellera de même, après avoir eu soin d'en mouiller les bords. Ces sortes de tissus ont la propriété de donner issue aux molécules aqueuses, et d'arrêter les molécules alcooliques et éthérées. On conçoit que de cette manière, et sous ce rapport, l'appareil de filtration fera l'office d'un vase hermétiquement fermé. D'un autre côté une communication constante étant établie par le tuyau de paille ou le tube de verre, entre l'intérieur du flacon et les régions supérieures de l'entonnoir, l'air de l'intérieur du flacon, refoulé par les gouttes qui tombent à travers le filtre, trouvera une issue pour venir remplacer la quantité de liquide qui aura abandonné le filtre, et pour refouler à son tour la quantité qui n'a pas encore passé de l'entonnoir dans le vase.

135. Il est un genre de filtration qui réunit les avantages de la macération (29) à ceux de la filtration même; procédé fort anciennement employé dans les arts, et auquel on a donné en dernier lieu le nom de filtration par *déplacement* (*); cette expression ne s'applique cependant en réalité qu'à une face du sujet. Dans cette opération, la poudre que l'on désire dépouiller de certains principes solubles, sert elle-même de filtre, en se tassant dans le goulot de l'entonnoir, après avoir été humectée plusieurs heures auparavant; le menstrue commence à agir par la pression qu'il exerce sur la substance et semble la chasser avant de la dissoudre. Aussi trouve-t-on que les premières portions du liquide filtré sont

(*) Boullay, *Journal de pharmacie*, tome XIX, page 393.—Robiquet, *ibid*, tome XXI, p. 113.

plus riches en principes et les dernières en dissolvant. C'
par la méthode de déplacement que l'on filtre le café à
Belloy.

136. Dans les officines pharmaceutiques, on se sert, s
tout lorsqu'on traite une substance par l'éther, de l'appa
suivant (pl. 1, fig. 33.) : l'entonnoir est une allonge (*a*), d
l'extrémité inférieure entre à frottement dans le goulot
flacon (*f*) et en forme le bouchon usé à l'émeri. Un tube
verre (*t*) établit une communication constante entre l'air c
tenu dans la capacité du flacon et celui qui surmonte le liqu
du filtre. Au fond de l'allonge, et tout autour du tube (*t*),
tamponne, avec du coton ou du papier, au-dessus duquel
tasse la poudre (*p*), que l'on se propose d'épuiser de ses p
cipes solubles ; on la tient humectée par le dissolvant, p
dant un espace de temps déterminé par l'analogie ou l'ex
rience directe ; on verse ensuite le menstrue au-dessus,
l'on ferme l'allonge avec un bouchon (*b*) qui a été usé à
meri, sur son ouverture supérieure, pour prévenir les pe
de l'évaporation.

137. Les avantages de ce procédé ne sauraient être ge
néralisés ni établis *à priori*, et le phénomène qu'on a d
gné sous le nom de *déplacement* n'est point dû à une
d'un ordre nouveau. Les observations suivantes, en donn
la théorie de ce procédé, fourniront au manipulateur
moyens rationnels de ne le préférer qu'en connaissance
cause.

138. Les principes solubles, chez les végétaux comme c
les animaux, sont emprisonnés dans des vésicules imperfor
qui s'appliquent les unes contre les autres, et dont nous
crirons la formation en parlant des tissus. Les parois de
vésicules sont plus ou moins rigides, et plus ou moins p
méables à certains liquides, perméables aux uns et im
méables aux autres. Ce sont des outres microscopiques, s
puis m'exprimer ainsi, en quantité innombrable, lesque
retiennent hermétiquement enfermés certains principes qu

sont élaborés dans leur sein. Dans les diverses phases de la végétation et de l'animalisation, ces principes se trouvent ou à l'état solide concret, ou à l'état fluide; et les intermédiaires entre ces deux états extrêmes varient de la même manière que les dégradations d'une couleur. D'un autre côté, les parois de ces utricules, exposées aux influences de certains agents soit naturels soit artificiels, à l'humidité et à l'air, par exemple, subissent des transformations intestines qui en altèrent le tissu, le désagrègent, et mettent de la sorte à nu le principe que recélait leur capacité; mais ce dernier résultat évidemment ne s'obtient qu'aux dépens de la pureté du principe, qui ne devient libre que pour se mêler, au moindre contact, avec les produits de la fermentation. En conséquence, la macération prolongée d'un organe ne détruirait les parois des tissus, qu'en compliquant la marche de l'investigation analytique.

Afin de mettre à nu le principe qu'on poursuit, le moyen le plus rationnel est donc de rompre mécaniquement les parois des cellules que la macération désagrège si lentement : la mouture et le broiement sont donc préférables à la macération la moins prolongée; car un simple lavage suffira pour enlever le principe débarrassé de ses enveloppes imperméables, et n'y tenant plus que par l'effet d'un simple contact. Or, si ce principe se trouve à l'état solide, la rapidité de la filtration ne permettra pas au menstrue de rester assez long-temps en contact, pour s'en charger au moyen de la dissolution; l'opération traînera donc en longueur, et demandera à être recommencée à diverses reprises. Mais en ayant soin de tenir la poudre humectée quelques heures avant la filtration, on aura par là rendu le principe soluble en le rendant liquide, et, ce qui est l'avantage spécialement signalé dans cette opération, en amenant ce principe à la forme liquide, on l'aura rendu apte à céder sous le poids du menstrue qui recouvre la couche d'organes, et à couler avant de s'être mêlé au dissolvant. Dans les premiers instants, il sera même dans le cas de passer pur de tout mélange avec le menstrue.

139. Mais à quelque degré que l'on pousse la pulvérisation de certains organes, il est indubitable, si l'on cherche à s'en assurer au microscope, que le broiement respecte un nombre assez considérable de cellules, qui dès lors restent inattaquables par la filtration; en sorte que l'extrait, obtenu avec le plus grand soin possible, ne représente jamais toute la quantité des principes que recèle le tissu. Les nombres que l'on obtient ne doivent être considérés que comme des approximations industrielles.

140. Les cellules d'un tissu ne sont pas douées du même mode d'élaboration, alors qu'elles se trouvent côte à côte dans le même organe; et partant elles ne sauraient contenir les mêmes principes et les mêmes produits immédiats. Mais rien n'est moins propre que le broiement et la pulvérisation à opérer le triage de ces compartiments microscopiques. Le dissolvant employé dans le procédé de la filtration rencontrera sur son passage des liquides hétérogènes également solubles dans les mêmes réactifs; l'extrait obtenu pourra donc être un mélange, que l'on s'exposera à prendre pour un principe unique; et le résultat obtenu induira en erreur la théorie, si l'analogie ne vient pas éclairer l'induction.

141. On conçoit déjà, par toutes ces considérations, que le procédé *du déplacement* n'offrira pas les mêmes avantages pour tous les genres de tissus; les tissus albumineux et mucilagineux, que l'on ne peut réduire en poudre, absorberont le dissolvant sans rien céder à la filtration de leurs principes. Les tissus dont les couches celluleuses sont les unes gommeuses, et les autres résineuses, se tasseront de telle sorte par l'effet de la pression, que la résine des unes protégera d'une couche imperméable les couches gommeuses qu'on cherchera à attaquer par l'eau, et les couches gommeuses ou albumineuses protégeront de la même manière les couches résineuses contre l'action des menstrues alcooliques ou éthérés. L'anatomie et l'analyse microscopique devront donc précéder et éclairer chaque opération en grand; on s'épar-

gnera, par cette précaution, non seulement des insuccès qui coûtent cher, et des pertes de temps qui sont toujours irréparables, mais encore des interprétations théoriques qui ne passent plus aujourd'hui.

142. Siphon. Afin que l'agitation et le renversement du vase ne fassent pas remonter, dans le liquide qu'on se propose de décanter, le précipité qu'on en a obtenu par le repos, on emploie le siphon. Cet instrument, réduit à sa plus simple expression, est un tube recourbé, ouvert par ses deux extrémités, dont l'une est tenue plongée dans le liquide du vase, et dont l'autre descend au-dehors assez bas pour qu'elle se trouve toujours au-dessous du niveau. On aspire par celle-ci; la pression de l'air pousse le liquide dans le tube où se fait le vide, et le liquide, une fois arrivé à l'orifice, s'écoule par son propre poids, tant que l'autre extrémité ne donne pas issue à l'air extérieur. Il serait dangereux d'aspirer avec la bouche certains liquides que l'on se propose de décanter; dans ce cas, on remplit d'eau les deux branches du siphon, on bouche avec le doigt l'extrémité qu'on introduit dans le liquide, et on retire le doigt à une certaine profondeur; aussitôt le liquide s'écoule par l'autre extrémité du tube, et finit par entraîner à sa suite toute la quantité qu'on a besoin de décanter.

143. Une simple modification donne au siphon un avantage qui met le manipulateur à l'abri de l'inconvénient de l'aspiration, et de celui d'avoir à introduire le doigt dans un liquide. Sur la branche extérieure (b') du siphon (pl. 1, fig. 26), et sur un point (a) inférieur à celui qui termine l'extrémité de l'autre branche (b), est placé un tube vertical enflé en boule à une certaine distance, recourbé au sommet, et ouvert à son extrémité (e). On aspire par celle-ci, en tenant l'orifice inférieur (b') fermé avec le doigt, qu'on lâche, dès que la force de l'aspiration a amené le liquide jusqu'à la région du tube où il peut obéir à sa propre pesanteur. Le renflement du tube aspi-

vant (t) sert de réservoir à la portion de liqueur que la force d'aspiration serait dans le cas de faire monter jusqu'à la bouche du manipulateur. Dans les laboratoires, on ne se sert que de siphons en verre.

144. La théorie du siphon est celle d'une pompe aspirante, dont chaque couche de liquide, qui coule, en obéissant aux lois de la pesanteur, fait l'office de piston, à l'égard de la couche suivante.

145. On se sert encore, pour la décantation, de certaines formes de bocaux qui remplacent avec avantage les siphons. Ce sont des bocaux ordinaires, sur la paroi desquels, et à une distance du fond du vase déterminée par l'épaisseur de la couche qu'on espère obtenir de la précipitation, on a pratiqué une ouverture tubulée, que l'en débouche, dès que le dépôt a cessé de se former; le liquide qui le surmonte se décante presque sans agitation. Les arts industriels sont dans le cas de tirer un grand parti de ces sortes de vases; dans le laboratoire, on agit sur des quantités trop petites, pour en avoir en général besoin.

146. La CRISTALLISATION est une précipitation lente, régulière, et qui affecte des formes caractéristiques et constantes; elle est le résultat du refroidissement de la liqueur, de son évaporation spontanée ou artificielle, et quelquefois celui de l'influence de la lumière ou de l'obscurité. Le dépôt qu'on observe dans un liquide trouble et d'un aspect louche ou coloré, n'est pas par cela même une cristallisation; c'est la précipitation des molécules que le liquide tenait en suspension et qui en altéraient la transparence.

147. La cristallisation a lieu toutes les fois que le menstrue ne peut plus dissoudre la substance. Elle a lieu par refroidissement, à l'égard des substances insolubles ou peu solubles dans un liquide à froid, et plus ou moins complétement solubles dans le même liquide, soumis à une certaine température. Elle a lieu par évaporisation, pour toutes les

substances, lorsque la saturation du menstrue par la substance est arrivée à ses dernières limites. Il est des substances qui ne cristallisent jamais, au moins avec des formes appréciables au goniomètre, par les procédés ordinaires du laboratoire, et que nous trouvons parfaitement cristallisés dans les entrailles de la terre, ainsi que dans le sein des organes des végétaux et des animaux; tels sont, par exemple, les jolis cristaux de phosphate et d'oxalate de chaux, dont nous aurons à nous occuper à la fin de cet ouvrage. C'est que le grand jour et la lumière du laboratoire ont une toute autre influence que l'obscurité du sol ou celle d'un organe. La lumière, en effet, ce fluide insaisissable, est une puissance que rien ne saurait compenser. On arrive à favoriser la cristallisation de ces substances rebelles, en les plaçant dans des circonstances analogues à celles de leur organisation; on enveloppe, par exemple, le flacon qui renferme le menstrue d'une couche obscure, en laissant accès à la lumière par l'une ou l'autre face, soit par une ouverture circulaire, soit par une fente horizontale ou longitudinale. La cristallisation ne tarde pas à se manifester en se polarisant pour ainsi dire avec le rayon qui pénètre le liquide.

148. Par la cristallisation, les substances s'isolent avec une pureté bien supérieure à la précipitation la plus homogène; car l'association des molécules ne se fait plus ici, en vertu des lois de la pesanteur, mais en vertu d'une espèce d'élection que nous désignons sous le nom d'affinité réciproque (*similis similem quærit*). Cependant ce n'est pas à dire que, dès que la cristallisation s'opère, la substance qui reprend cette forme, se trouve déjà, et par ce seul premier fait, à l'état d'une pureté complète, et sans mélange d'aucune autre. La cristallisation n'exclut pas le mélange, bien au contraire; seulement elle le suppose accompli avec une rigoureuse régularité, et partant susceptible d'offrir à l'analyse des nombres constants. Nous savons, par exemple, que l'eau rentre, en proportions définies, dans la cristallisation régulière de toute

substance, à laquelle elle servait auparavant de menstrue; et que sa présence imprime même à la cristallisation des formes caractéristiques. Cette proportion d'eau prend le nom d'*eau de cristallisation.*

149. Mais lorsque l'eau dissout un certain nombre de substances, il est évident qu'elle ne saurait entrer dans la cristallisation de l'une d'elles, qu'en sa qualité de menstrue de toutes les autres. En effet, son affinité pour toutes peut bien n'être pas égale pour chacune d'elles, mais elle ne saurait jamais devenir tout-à-fait nulle pour quelques unes; sans quoi ces quelques unes se précipiteraient aussitôt, ce qui n'est pas dans l'hypothèse. Il faut donc que la cristallisation qui s'opère la première de toutes, recèle dans son sein une certaine quantité de toutes les autres, quantité d'autant plus considérable que le liquide en était plus saturé. Afin donc de diminuer la quantité du mélange, on décantera le liquide, on redissoudra la cristallisation dans l'eau pure, et on fera cristalliser de nouveau. L'eau pure se saturant de nouveau, de ce mélange, il est évident que l'eau de cristallisation en possédera une moins grande quantité; mais elle en possèdera cependant une quantité quelconque, que de nouvelles cristallisations diminueront successivement sans doute, sans pourtant pouvoir la réduire à zéro; la pureté complète est en effet aussi impossible en réalité que le vide parfait. Mais nous jugeons que la cristallisation est parvenue à toute la pureté possible, lorsque le mélange est réduit à une quantité presque inappréciable à nos moyens d'observation.

150. On donne le nom d'*eaux mères* à la portion du liquide décanté, dont on ne peut plus retirer que des cristallisations confuses et impures.

151. Mais ce que nous venons de déduire de l'observation à l'égard de l'eau faisant l'office de menstrue, doit être vrai à l'égard de tout autre menstrue. Si ce phénomène est inhérent au mécanisme de la cristallisation, il doit nécessairement se manifester, quel que soit le dissolvant. Si donc la cris-

tallisation a lieu dans un acide, nous aurons un *acide de cristallisation;* dans un alcali, nous aurons un *alcali de cristallisation;* dans une substance oléagineuse, une *huile de cristallisation;* enfin dans l'alcool et dans l'éther, un *alcool* et un *éther de cristallisation.* Ces dénominations peuvent paraître bizarres à cause de leur nouveauté; mais la conséquence est rigoureuse, le résultat doit être identique; et cette observation est d'une portée immense en chimie organique; elle donnera la solution de ces milliers d'anomalies que l'on introduit, sous des noms spécifiques, de jour en jour plus nombreux, dans les catalogues de la science. Car à l'égard de certaines substances qui ne se dissolvent que dans un seul genre de menstrue, et qui se décomposent, lorsqu'on emploie la chaleur pour les en dépouiller, comment constater le mélange, si ce n'est par l'interprétation logique des phénomènes?

152. Ainsi la résine précipitée de l'alcool qui la dissolvait n'offrira pas les mêmes caractères que la résine précipitée de l'éther, d'un acide, ou de l'alcali volatil. Il faut en dire autant des graisses et des huiles, de l'albumine, etc. L'une en effet possédera un *éther de cristallisation*, l'autre un *alcool de cristallisation*, et l'autre un *acide* ou un alcali remplissant une fonction analogue; mélanges que rien, dans nos procédés actuels, ne saurait démêler, mais dont la nouvelle méthode nous apprendra à nous rendre compte, et qui, dans l'ancienne, ont apparu souvent à l'œil de l'observateur, avec les caractères d'un nouvel acide, d'un nouvel alcali, d'une substance douée d'une fluidité ou d'une fusibilité plus ou moins grande que telle autre.

153. Nous donnerons, dans le cours de cet ouvrage, le nom de *centres de cristallisation,* aux molécules du menstrue dont nous venons de parler, et qui servent, pour ainsi dire de noyau et de matrice à la *cristallisation de la substance.* Nous renvoyons à la fin de l'ouvrage l'exposition des idées sur lesquelles se fonde cette dénomination.

154. Les formes cristallines que nous distinguons à l'œil

nu sont des combinaisons superficielles d'angles de diverses ouvertures et de surfaces, planes en général ou affectant rarement une légère courbure. L'ouverture des angles, jointe au nombre de surfaces, forme le caractère spécifique des cristaux. On détermine l'ouverture des angles au moyen du goniomètre d'Haüy, qui est le plus simple, ou des goniomètres à réflexion, dont Wollaston a donné le premier modèle, et qui, dit-on, fournissent des résultats plus précis. Le goniomètre d'Haüy est une lame formant moitié de cercle gradué, au centre duquel pivote une règle de la longueur du diamètre même. On introduit le cristal entre la moitié extérieure de la règle et la moitié correspondante du diamètre fixe, de manière que l'arête de l'angle que l'on se propose de mesurer corresponde au centre du cercle, et on lit l'ouverture de l'angle sur la portion opposée de circonférence que limite l'autre moitié de la règle.

Les inégalités et les défauts que l'on remarque assez fréquemment sur les surfaces des cristaux, peuvent, il est vrai, influer sur l'inexactitude des indications. Cependant, à force de prendre des mesures et des moyennes, on arrive, avec ce simple appareil, à des résultats d'une suffisante précision.

155. Il ne rentre pas dans les prétentions du présent ouvrage de décrire et de figurer les *goniomètres à réflexion*, c'est-à-dire ceux qui donnent l'ouverture des angles, en présentant successivement les faces d'un cristal, au même rayon lumineux. Nous pensons que l'on a beaucoup exagéré leur supériorité sur l'autre; et que l'on a vu dans la supériorité de leur exécution la supériorité de leurs indications, et dans la précision d'un résultat isolé, un caractère qui suppose la constance et l'homogénéité de toutes les surfaces de même nom. On aurait dû voir que plus l'instrument est précis, et plus les défauts de l'objet observé doivent acquérir d'importance; que les inégalités de surface, qui font dévier l'équerre d'Haüy, feront dévier bien davantage le rayon réfléchi chez les autres goniomètres; qu'enfin, avec l'un ou l'autre instrument, il n'en faudra

ts moins avoir recours, en dernière analyse, aux moyennes
ui compensent les erreurs en plus avec les erreurs en moins,
rapprochent ainsi la donnée de son expression essentielle.
Il en est ainsi, comme nous le démontre la divergence
s observateurs, qui nous ont donné les mesures des angles
une même espèce de cristal, obtenues avec des instruments
précision, le goniomètre primordial possède deux avan-
ges sur les goniomètres modernes : celui de la simplicité et
lui de la modicité du prix.

156. Une combinaison de nature différente, dont la cristal-
sation affecte la même forme qu'une autre combinaison, et
ui peut se substituer à elle, sans qu'aucun signe extérieur
avertisse l'œil de la substitution, est dite substance *isomor-
he* avec celle-ci. Ainsi l'iodure de potassium, et le chlo-
ure de la même base sont *isomorphes*, et cristallisent tous
s deux en cubes. L'*isomorphisme* suppose l'identité des pro-
ortions entre la base et l'acide de l'un et de l'autre sel.

157. Les corps de nature différente et de même composition,
ais qui cristallisent sous des formes différentes, ont reçu
les chimistes le nom de corps *isomères* ou *isomériques*; on
urait dû les nommer *hétéromorphes*.

158. Il ne saurait exister de *corps polymorphes*, c'est à-
dire des corps d'une composition et d'une nature donnée, qui
affectent des formes de cristallisation différentes et variables.
Le *polymorphisme* ne saurait être qu'un résultat de l'imper-
fection de nos méthodes d'investigation, à qui il arrive fré-
quemment de confondre sous la même dénomination des sub-
stances diverses, observéesmême en quantité appréciable.

Les progrès de la chimie organique nous apprendront tôt
ou tard que bien des substances isomériques ne sont que des
substances *polymorphes*, en nous faisant découvrir les divers
centres de cristallisation ou de précipitation (148), qui impri-
maient à la même substance des formes différentes.

159. Puisque tant de causes accidentelles sont dans le
cas d'apporter des perturbations à la cristallisation normale

d'un corps, on conçoit que, malgré les progrès qu'a fa science depuis qu'Haüy l'a créée, elle doive se trouver core de nos jours, dans un état peu avancé; et il est vr dire qu'à part les substances minéralogiques, et encore dont les cristaux affectent des dimensions assez grand est encore une foule de corps appartenant aux trois rè dont le mode de cristallisation n'a pas été déterminé manière suivie, et par des procédés rigoureux. De n qu'on jette au rebut, dans nos jardins botaniques, les pl à qui la culture imprime des formes non inscrites au logue, et que le descripteur voit des dégénérescences c cieuses dans une variation dont il devrait rechercher la comme le fait l'astronome qui bien loin de dédaigner l' des perturbations, ne s'endort, au contraire, qu'aprè avoir formulé la valeur et l'origine; de même, le chimi vu des caprices dans les variations des formes cristalline substances organiques, au lieu de s'appliquer, par la synt et en les reproduisant de toutes pièces, à en détermin éléments.

160. Nous aurons plus d'une occasion, dans le con cet ouvrage, de fournir des exemples de l'utilité de étude.

161. Pour obtenir des cristaux en moins de temps p cristallisation spontanée, on se sert de bocaux (pl. 1, fig ou de terrines, ou mieux de larges soucoupes et caps que l'on remplit du liquide concentré, qui sert de mens et qu'on recouvre d'une gaze ou d'une feuille de papier cée de mille trous, pour arrêter la poussière au passage tient les vases exposés dans des lieux secs, à un grand co d'air. Mais ce moyen ne saurait convenir aux extraits fer tescibles, parce que la fermentation est susceptible d'al ou de modifier les substances cristallisables qui appartien au règne organisé.

CHAPITRE V.

ÉLIMINATION.

162. L'ÉLIMINATION est le procédé inverse de la PRÉCIPITATION. Dans celui-ci on isole par la pesanteur; dans l'autre, par la volatilisation; dans l'un on recueille et on concentre, dans l'autre on évapore; par l'un, on place la dissolution dans des circonstances propres à provoquer et à favoriser le départ du menstrue et de la substance (27); dans l'autre, on isole la substance, en chassant le menstrue ou un des éléments du mélange; pour effectuer enfin l'élimination, on soumet un corps donné à l'ÉVAPORATION, à la DESSICCATION et à la CALCINATION. Nous allons décrire ces procédés, ainsi que les vases et ustensiles que chacun d'eux réclame.

163. ÉVAPORATION. L'évaporation a pour but d'éliminer un menstrue volatil, et d'obtenir la substance fixe à l'état solide ou liquide, mais sans mélange de celle qu'on a en vue d'éliminer. Nous avons déjà fait observer (57) que ce dernier résultat est moins réel que théorique, et que la théorie induirait en des écarts considérables, si elle continuait à ne pas tenir compte de la réalité. Quoi qu'il en soit, l'opération est terminée dès qu'on est convaincu qu'en la continuant on n'éliminerait pas une quantité de plus du menstrue.

164. Toutes les substances n'étant pas volatiles au même degré de température, les procédés d'évaporation varient selon la nature des dissolutions. On évapore à froid, on évapore à chaud, et enfin on évapore dans le vide. Dans l'une ou l'autre de ces trois opérations, on place la substance dans une capsule (pl. 1, fig. 36) en verre ou en porcelaine d'une dimension convenable : c'est un vase en calotte de sphère, très évasé, peu profond, muni d'une rigole pour transvaser les

liquides, à parois assez minces, pour que la chaleur puisse se répartir également sur toute la surface, et prévenir les accidents qu'occasionnent, sur ces sortes de vases, les variations brusques de la température. On ne fait usage des capsules d'argent et de platine que lorsqu'on opère sur certaines substances et en petite quantité.

165. Dans l'*évaporation à froid*, on se contente d'exposer à un courant d'air convenable la capsule recouverte d'une gaze ou d'une feuille de papier qu'on a criblée de petits trou avec une épingle.

166. Pour *évaporer à chaud*, on place la capsule sur u fourneau soutenu par un trépied, ou mieux sur un bain d sable et un *bain-marie*. On désigne, sous le nom de *bai de sable* une terrine ou capsule de grès (pl. 1, fig. 25 remplie de sable fin et pur de toute substance décomposabl par le feu; à Paris, on pulvérise les grès de Fontainebles pour avoir un sable pur de tout mélange. Dans le *bain-mari* l'eau ordinaire remplace le sable. On tient la capsule évapo ratoire plongée jusqu'à une certaine profondeur dans l'e ou le sable de la terrine que l'on a placée sur le fourneau, on a l'espoir de cette manière de maintenir l'évaporation a même degré de température, que l'on évalue au thermomèt ou à l'ébullition. Lorsqu'on se sert du bain de sable, et qu'o désire évaluer le degré de température, sans introduire le the momètre dans la *capsule évaporatoire*, on en place à cô d'elle une autre remplie d'eau, dans laquelle on fixe à demeu un thermomètre isolé et gradué sur verre.

167. On évapore dans le *vide*, selon le procédé de Lesli en plaçant la capsule évaporatoire sous le récipient de la ma chine pneumatique, à côté d'une autre capsule contenant u quantité suffisante, ou d'acide sulfurique, ou de chlorure chaux, enfin d'une substance avide d'eau ou du menstr qu'on veut éliminer. Sans produire le vide par le piston, est évident que les vapeurs qui se dégagent spontanément trouvant reprises par une substance qui se les assimile, l'év

poration ne manquerait pas de se réaliser dans ce lieu clos aussi complétement qu'à l'air libre. Mais pour imprimer une marche plus rapide à l'opération, on donne de temps à autre quelques coups de piston, avec assez de précaution pour que la violence de l'air condensé dans le menstrue ne pousse pas au-dehors le liquide, et l'on s'arrête même dès que le mercure du baromètre de la machine est descendu à deux pouces. Il faut avoir soin de n'employer l'acide sulfurique qu'en quantité telle, qu'il ne puisse pas déborder, lorsque son volume aura grossi de toute la quantité de vapeurs qu'il doit absorber.

168. L'*évaporation à chaud* est capable d'altérer et de décomposer même certaines substances ; l'*évaporation à froid* ne convient nullement aux substances dans lesquelles la fermentation est capable de s'établir ; l'*évaporation par le vide* réunit, pour toutes les substances, les avantages respectifs de l'*évaporation à chaud* et de l'*évaporation à froid*; elle soustrait également la dissolution aux influences prolongées qui font naître la fermentation, et à l'élévation de température qui altère certaines substances.

169. Une substance organique s'altère d'autant plus, par l'effet d'une haute température, qu'elle approche davantage de l'état de dessiccation ; on la voit alors se colorer d'une manière plus intense, s'écailler, se racornir. Il est prudent de retirer la capsule évaporatoire, du bain de sable, dès que ces premiers symptômes commencent à se manifester.

170. Afin de soustraire la dissolution aux vapeurs d'eau du bain-marie, on remplace avec avantage la capsule évaporatoire par une cornue en verre (pl. 1, fig. 24 *co*), ou bien on se sert de vases à double fond, dont le supérieur sert de capsule évaporatoire, et sur les parois desquels est adaptée une tubulure pour donner issue aux vapeurs, que l'on peut détourner encore davantage au moyen d'allonges et de tubes de verre ; mais dans les petits laboratoires, ces ustensiles seraient des objets de luxe. L'industrie varie la forme et les

dimensions du bain-marie, selon les besoins et les ressourc locales ; il n'entre pas dans les attributions du présent ouvra de nous occuper de ces modifications.

171. Dans les phases d'une évaporation quelconque, et p quelque procédé qu'on l'opère, il se présente un phénomè sur lequel j'ai intérêt de fixer l'attention du lecteur. On r marque en effet que les quantités de menstrue, qui se vap risent dans un temps donné, sont d'autant moindres qu'on a proche le plus du point où doit s'arrêter l'opération. Qu' expose à l'air, par exemple, une dissolution alcoolique éthérée, l'évaporation de la masse de menstrue se fera av une rapidité qui mettra le liquide dans un mouvement vi lent; mais ce mouvement se ralentira à une certaine époqu et l'évaporation se fera alors avec toute la lenteur qui cara térise une solution aqueuse; après vingt-quatre heures d'e position à l'air, il est telle substance qui conservera enco des quantités de menstrue appréciables à l'œil et à l'odora Suivons, par l'analogie, cette progression, à l'instant où el semble disparaître à nos sens, et nous serons forcés de co clure que le menstrue n'est pas éliminé de la substance, p cela seul que la quantité combinée n'est plus appréciable p des signes extérieurs; mais que sa présence est dans le cas d'in primer, à la substance évaporée, des caractères que nous no croirons autorisés de considérer comme des caractères *suî g neris*, faute de pouvoir en constater l'origine par des contr épreuves positives. Cette expérience vient à l'appui de ce q nous avons déjà eu occasion de faire observer, au sujet d dissolutions dont les éléments, à un certain degré de conce tration, réagissent les uns sur les autres, comme les élémen des combinaisons les mieux caractérisées. En effet, si la rap dité de l'évaporation d'un menstrue décroît à mesure que quantité de la substance augmente, il faut bien que ce phén mène soit le résultat d'une réaction de la substance ell même sur le menstrue, le résultat enfin d'une réciproq affinité; et en suivant la progression tracée par l'expérien

directe, il est impossible de prévoir l'époque à laquelle il serait permis de considérer la substance, comme débarrassée entièrement des molécules du menstrue.

172. L'EXTRAIT, *extractum, eductum*, est un mélange de substances qu'on a obtenues, par l'évaporation du menstrue qui les tenait également en dissolution.

173. La DESSICCATION est le complément de l'évaporation. Elle a pour but de débarrasser la substance, sans s'exposer à l'altérer, des dernières molécules du menstrue dont il est possible de la dépouiller. On emploie à cet effet une chaleur plus douce, et l'on remplace le *bain de sable* ou le *bain-marie* par l'*étuve*, espèce de chambre close, dont les dimensions varient, depuis celles d'une chambre ordinaire, jusqu'à celles d'un coffre d'un pied carré, et que l'on chauffe, dans le premier cas, par les tuyaux d'un poêle, et, dans le second, avec une simple lampe ordinaire placée sous le fond du coffret. On dispose les capsules évaporatoires sur des étagères espacées, et l'on ménage au-dehors une issue à la vapeur. Dans certains climats, la chaleur de l'atmosphère ou celle du soleil suffit à l'étuvage, et une couche de son ou de mauvaise farine y fait l'office du chlorure de chaux.

174. La dessiccation est d'autant plus prompte et plus complète, que la substance a été préalablement étendue en couches plus minces et sur des vases moins profonds.

175. Dans cette opération, les indications de l'hygromètre remplacent celles du thermomètre. Par l'*évaporation*, on se propose de débarrasser la substance de son menstrue en vaporisant celui-ci; par l'*étuvage*, on active l'évaporation en chassant de l'atmosphère les vapeurs, à mesure qu'elles se forment. Dans l'une, si je puis m'exprimer ainsi, on chauffe les parois des vases, et dans l'autre, seulement la capacité.

176. La CALCINATION OU LE GRILLAGE, c'est l'évaporation et la dessiccation appliquées aux substances indécomposables par

l'action du feu. Les vases évaporatoires qui servent à cet opération sont les *creusets* ou les *têts*. Le *têt* est l'analogue la capsule; c'est un vase de même forme, mais fait en pâte grès réfractaire; on le place sur la grille d'un fourneau ouv (pl. 1, fig. 25 *f*). Le creuset (pl. 1, fig. 14) est un vase même grès, plus profond, cylindrique à la base, triangulair l'ouverture, que l'on recouvre d'un couvercle de même pâte lorsqu'on se propose de soumettre la substance à un feu forge, et de tenir le creuset plongé dans des charbons inc descents. On a aussi des creusets en platine pour les exp riences les plus délicates. En chimie organique, on se sert ceux-ci pour l'incinération d'une substance. On calcine à verses températures, que l'on désigne par la couleur que vase ou la substance y prennent : au *rouge*, au *rouge-ceri* au *rouge-blanc*, etc. Il est des substances dont la calcinati serait trop longue, si l'on ne remuait constamment le mélan avec une *spatule* de métal non attaquable par lui.

177. Les vases qui servent à calciner certains corps, se vent aussi à la fusion de certains métaux ou alliages, et l'oxidation de certains autres. Il est des métaux qui, fond au contact de l'air, se transforment en oxides par toute la su face externe de la masse; tel est le plomb, qui finit par d venir entièrement litharge pulvérulente, si l'on s'avise de r muer, avec une spatule, le plomb en fusion, jusqu'à ce q toute la masse se soit changée en poussière. On prévient c effet, lorsqu'on n'a d'autre but que de fondre le métal seul à l'état d'alliage, en lutant avec de l'argile le couvercle à so creuset, et tenant le vase plongé dans les charbons incande cents.

178. La calcination des substances organiques produit s elles deux effets analogues à la réduction et à l'oxidation, q prennent, dans *cette branche de la chimie*, les noms de *ca bonisation* et d'*incinération*.

179. La CARBONISATION a pour but d'éliminer, par l'élév tion de la température, tous les éléments gazeux de la sub

stance, et d'obtenir le carbone mêlé aux sels et bases fixes, avec lesquelles il se trouvait associé, en vertu des lois de l'organisation.

180. L'INCINÉRATION a pour but d'éliminer non seulement les éléments gazeux de la combinaison organique, mais encore le carbone lui-même, en le transformant, par son oxidation, en gaz acide carbonique gazeux, de manière à n'obtenir du végétal que les cendres, c'est-à-dire le mélange des sels et des bases qui se trouvaient, à un état ou un autre de combinaison, dans la charpente de l'organe incinéré.

181. La CARBONISATION s'opère en vase clos, c'est-à-dire dans un vase qui donne issue aux produits gazeux et aux vapeurs, et nullement accès à l'air extérieur. Tout le monde connaît les procédés des charbonniers, qui, obligés d'opérer sur de grandes masses, disposent les bûches de bois en cône, ménageant au centre une cavité qui sert de fourneau, laquelle prend l'air à la base et rend la fumée au sommet; ils recouvrent le tas d'une chemise de terre qui fait l'office du vase clos, et protége le bois contre l'action de l'air extérieur.

182. L'INCINÉRATION s'opère en vase ouvert, et avec d'autant plus de succès et de rapidité que la substance est exposée à l'action de l'air ambiant sur une plus large surface. La forme du creuset convient mieux à la carbonisation; celle du têt à l'incinération. On remarque que certaines substances organiques sont plus difficiles à incinérer que certaines autres; ce sont principalement les substances organisées, dans la structure desquelles, déjà si compliquée par elle-même, rentrent des combinaisons inorganiques nombreuses et variées; ainsi la gomme s'incinère moins facilement que l'amidon, l'albumine moins facilement que la gomme, etc.; cela tient à ce que les produits salins de l'incinération des premières couches de la substance venant à tapisser la surface entière des couches suivantes, font pour elles l'office du vase clos, favo-

risent la carbonisation, mais rendent impossible toute inc nération ultérieure. Les phosphates solubles, et surtout phosphate d'ammoniaque, produisent spécialement ce résult: En effet, le feu élimine l'ammoniaque; et l'acide phospho que libre, qui est fixe, se répand, en une croûte imperméal à l'air, sur toute la surface charbonnée. Dans ce cas, on soin de remuer et de briser souvent la masse, d'enlever vase tout rouge du feu, afin que l'air ambiant pénètre la su stance par suite de l'abaissement de la température; et l' n'abandonne l'opération que lorsque les cendres n'offre plus de points noirs, indices de molécules charbonneus On doit éviter d'exposer le vase aux courants d'air, qui manqueraient pas de projeter au loin les particules salines plus ténues.

183. Les produits de l'incinération ne représentent nul ment l'état de combinaison des corps dans l'organisation la substance. La désorganisation des tissus met en présen des sels que l'organisation tenait à distance; la fusion d sucs leur fournit un dissolvant; le contact favorise les do bles décompositions et les mélanges; l'élévation de tempé ture amène les transformations; et l'on obtient, en dern résultat, après l'opération complète, des sels nouveaux, don serait impossible de découvrir la moindre trace, en analysa une macération et une dissolution obtenue à froid (25). Te est l'origine des carbonates, dont peut-être pas une se espèce ne préexistait dans l'organe avant l'incinération; ils forment, soit aux dépens de l'acide carbonique que prod l'oxidation du carbone du tissu, soit par l'élimination de l'h drogène de certains acides organiques déjà combinés dans tissu à des bases terreuses, et que l'action du feu transfor en carbonates; c'est le cas des tartrates, des oxalates, des ac tates.

184. L'effet général de la *carbonisation* et de l'*inciné tion* prend le nom de *décomposition*. On dit : *cette substan se décompose au feu, elle se décompose à une températu*

plus ou moins élevée, pour exprimer que, sous l'influence de la chaleur, elle a perdu ou modifié sa structure normale. La décomposition précède la carbonisation, l'incinération complète la décomposition. On recueille les produits de la décomposition ; on les élimine complétement par l'incinération. Les sels se décomposent comme les organes ; il suffit pour cela que l'un ou l'autre de leurs éléments soit volatil à une certaine température. (*Voy*. le chap. VIII.)

185. La DÉSORGANISATION est aux tissus ce que la décomposition est aux sels ou aux substances organiques ; c'est un déchirement plutôt qu'une désassociation. L'acide le moins énergique désorganise, le feu décompose. La désorganisation frappe de mort l'organe, sans en transformer chimiquement les produits. La désorganisation suppose une soustraction et non une élimination. L'acide sulfurique concentré, dont l'avidité pour l'eau est si grande, désorganise la peau et les autres tissus, en s'emparant des molécules aqueuses qui forment l'un des éléments de leur structure.

186. La DÉSAGRÉGATION est un isolement, plutôt qu'une altération, des molécules appréciables à la vue ou au microscope. La DÉSASSOCIATION est l'isolement des molécules invisibles. La désagrégation réduit un mélange terreux en poudre, un tissu en globules, de manière que chaque particule inorganique ou organisée soit une unité ; la désassociation réduit ces molécules en gaz ou les transforme en liquides. La mouture désagrège les tissus en farine, comme le broyage pulvérise les minéraux en molécules intégrantes.

CHAPITRE VI.

DISTILLATION.

187. Dans les manipulations précédentes on néglige ou l'o perd le menstrue et les produits de l'élimination ; on ne s'at tache qu'au résidu. Par la DISTILLATION, on s'applique au co traire à recueillir le menstrue et les produits, pour les fair servir à de nouveaux usages, ou pour les soumettre à un étude spéciale. C'est un transvasement (142) de gaz et de va peurs, à mesure qu'il s'en forme. Le vase où s'opère la vola tilisation et la gazéification se nomme *cornue* ou *cucurbite*; l vase où se condensent les produits gazeux, que l'on doit recu lir à l'état liquide ou solide, se nomme *récipient*; l'appa en entier prend le nom d'*alambic*, lorsqu'il est à demeure e qu'il fonctionne en grand; il prend celui d'*appareil distilla toire* ou de *distillation*, lorsqu'on le construit pour les be soins d'une expérience de laboratoire, et surtout avec de pièces qui sont dans le cas de servir à toute autre destina tion.

188. L'ALAMBIC ordinaire a la forme générale dans laquelle rentrent les pièces figurées sur la pl. 1 (fig. 1, 2, 3, 4). Ses dimensions varient selon les besoins de la consommation; le métal qu'on emploie à sa construction est un cuivre étamé à l'intérieur.

La cucurbite (fig. 1, *cc*) en cuivre étamé, renferme le liquide à distiller jusqu'aux trois quarts environ de sa capacité. On la place dans un fourneau à cheminée latérale, analogue à nos petits poêles à couvercle, de manière qu'enfoncée jusqu'au rebord (*rr*), elle ferme l'ouverture du fourneau hermétiquement; les deux anses (*aa*) permettent de l'enlever et de

la replacer à volonté. La tubulure (*t*) sert à introduire une nouvelle quantité de liquide dans la cucurbite, pendant que l'appareil est en fonction.

Le *chapiteau* en étain (fig. 2, *c*) s'enfonce par son rebord inférieur (*e*) dans la gorge (fig. 1, *g*) de la cucurbite. On le saisit d'une main par le *bec* (*b*), et de l'autre par l'anse (*a*). Le chapiteau est recouvert au sommet, d'un fond légèrement concave (*f*), muni à son centre d'une ouverture, par laquelle on introduit les liquides, lorsqu'on distille au *bain-marie*. Le bec (*b*) s'adapte dans le tuyau (*tu*, fig. 3) du *serpentin*.

Le *serpentin* (fig. 3) se compose d'un seau en cuivre étamé rempli d'eau ordinaire, que traverse, en tournant en spirale, d'où vient son nom de serpentin, le tuyau (*tu*), avant de se rendre au robinet (*ro*), qui le termine, et qui donne issue au liquide distillé. Le robinet (*ro'*) sert à laisser écouler l'eau du seau, lorsqu'on désire la remplacer par une eau plus froide.

189. Supposons maintenant ces trois pièces disposées dans l'ordre que nous venons de le dire : le *chapiteau* (fig. 2) s'emboîtant dans la gorge de la *cucurbite* (*g*, fig. 1) par sa base (*e*), et dans l'orifice supérieur du serpentin (*tu*, fig. 3) par l'extrémité de son bec (*b*). Les parois de la cucurbite chauffées par la flamme qui circule autour d'elle, communiqueront rapidement la chaleur au liquide, qui se formera en vapeurs. Celles-ci se rendront vers le fond supérieur (*f*) du chapiteau, et de là dans le bec (*b*), et puis dans la capacité du serpentin, qui leur offrira une température beaucoup plus basse, non seulement à cause de sa distance de la cucurbite et de sa conductibilité pour le calorique, mais encore à cause du milieu réfrigérant qui mouille sa surface externe; là les vapeurs se condenseront de nouveau en liquide, et arriveront sous cette forme par le robinet (*ro*), dans les flacons en verre ou en porcelaine, qui servent à les recueillir, et qui ont l'office de récipient. Ce liquide se nomme le liquide distillé. Lorsque l'eau du seau (fig. 3) s'est échauffée, on a

soin de le vider par le robinet (*ro'*) et de le remplir d'une nouvelle quantité d'eau froide. Il est inutile de faire observer que les ouvertures (*t* et *o*, fig. 1 et 2), doivent être tenues bouchées avec du liége, pendant la durée de la distillation (*).

190. Quant aux liquides dont les principes seraient dans le cas de s'altérer, par la haute température que peut atteindre la cucurbite, on les distille au *bain-marie*. On place à cet effet le liquide à distiller dans le seau en cuivre étamé (fig. 4, *bm*), que l'on enfonce jusqu'à son rebord (*rr*) dans la capacité de la cucurbite (fig. 1); on remplit d'eau le double fond, c'est-à-dire l'espace intermédiaire entre les parois internes de la cucurbite, et les parois externes du *bain-marie* (*b m*); on recouvre le *bain-marie* (fig. 4) avec le chapiteau (fig. 2), et on chauffe la cucurbite comme à l'ordinaire. De cette manière le liquide à distiller est exposé constamment à la température de l'eau, qui ne s'élève jamais au-dessus de 100° cent. Dans ce cas le liquide à distiller est introduit par l'ouverture (*d*, fig. 2) du chapiteau; et l'ouverture (*t*, fig. 1) de la cucurbite reste entr'ouverte, afin de donner issue aux vapeurs du bain.

191. Pour éviter que les vapeurs ne se condensent, en touchant le fond supérieur du chapiteau, on a soin de recouvrir celui-ci de substances peu conductrices du calorique, telle que la poudre de charbon.

192. Le bain-marie est remplacé avec avantage par un fond criblé de trous, lorsqu'on se propose de soumettre à la distillation des tiges de plantes. Le crible tient ces tiges suffisamment éloignées des parois brûlantes de la *cucurbite*, tout en laissant circuler l'eau autour d'elles.

(*) Dans les grandes distilleries, afin de tenir le serpentin à une température constante et de régulariser la condensation des vapeurs, on se sert d'un serpentin à double fond. Le double fond donne passage à un courant d'eau froide, qui arrive directement à l'extrémité inférieure, remonte en s'échauffant de tout le calorique qu'elle enlève à la surface du serpentin, et s'écoule au dehors, à la hauteur du bec du chapiteau.

. Tel est l'al bic réduit à sa plus simple expression
manipulations industrielles ; car nous ne nous occu-
ici des perfectionnements immenses qu'on a appor-
cet instrument dans les distilleries d'eau-de-vie. Dans
oratoires, on l'a simplifié davantage encore, en le con-
nt en verre; il prend alors la forme indiquée par la
5, pl. 1 : (*cu*) cucurbite qui se pose ici sur un *valet* (*v*),
ronne tressée de paille ou de jonc ; (*cc*), chapiteau en
terminé au sommet par une ouverture (*o*), qui sert à
uire le liquide à distiller ; à sa base, le chapiteau est
d'une rigole intérieure, qui fait saillie au dehors en une
de bourrelet; elle reçoit le produit des vapeurs qui
nt se condenser sous la voûte du chapiteau, et les écoule
bec (*b*), que l'on adapte soit à un *serpentin* en verre,
mmédiatement au goulot d'un flacon qui sert de réci-

. Enfin, et dans le plus grand nombre des expériences
boratoire, on remplace ce dernier appareil par une
e en verre ou en grès (pl. 1, fig. 24, *co*), dont la *panse*
ntre sert de cucurbite, la *voûte* ou courbure supérieure
apiteau, et le *col* de bec ; celui-ci s'introduit, au moyen
bouchon perforé, dans un tube (*tu*) ou une allonge (*al*).
nge est un tube renflé vers l'extrémité, qui s'adapte
l de la cornue; par son extrémité opposée, elle s'intro-
lans la tubulure du récipient, de la même manière que
l de la *cornue* s'introduit dans son extrémité renflée.
reviendrons sur les modifications de cet appareil indis-
ble, en nous occupant des manipulations en petit.

5. La DISTILLATION est donc une élimination, basée sur ce
ipe, que les diverses substances d'un mélange ou d'une
lution se réduisent en vapeurs, à des températures moins
les les unes que les autres, et vont reprendre leur pre-
e forme liquide ou solide, une fois qu'on les soumet
température ordinaire. A un degré plus ou moins

élevé de température, tous les corps de la nature sont volatils; mais tous les vases fondraient et se volatiliseraient à leur tour, à la chaleur qu'il serait nécessaire de produire, pour réduire en vapeur certaines espèces de substances. On a donné le nom de *volatils*, aux corps qui se vaporisent à la température, à laquelle d'autres que nous nommons *corps fixes*, resteraient dans la *cucurbite*, jusqu'à siccité complète.

C'est surtout aux mélanges de substances organiques, que ces deux expressions s'appliquent. La chimie organique a des *huiles fixes* et des *huiles volatiles*, c'est-à-dire des *huiles* qui restent dans la *cucurbite*, pendant que les autres se vaporisent, et vont se condenser dans le récipient, sans perdre une seule des propriétés qui les distinguent. La distillation fait, de cette sorte, le départ des deux principes d'un mélange, qu'aucun autre procédé ne serait dans le cas d'isoler avec autant de netteté. Si, lorsque le départ est complètement terminé, on continue à soumettre l'*huile fixe* à l'action de la chaleur, les particules de l'*huile fixe* se vaporisent à leur tour, et vont se condenser dans le récipient, mais avec des caractères qu'elles n'avaient point dans la *cucurbite*, et qui en font, à chaque phase de la distillation, tout autant de substances *suî generis*; il en est de même de la portion de l'huile qui reste dans la *cucurbite*, et cela jusqu'à la carbonisation et à l'incinération du résidu. La distillation n'a lieu en cette circonstance que par décomposition; et sa dernière phase n'est plus une simple vaporisation, mais une gazéification. La portion réellement fixe, se compose des sels, qu'en se gazéifiant, le charbon abandonnerait, s'il était, dans la *cucurbite*, exposé à un courant d'oxigène suffisant pour se transformer en gaz carbonisés.

196. Toutes les substances organiques sont *décomposables*, qu'elles soient *volatiles* ou *fixes*, lorsqu'on les soumet les unes et les autres à un degré convenable de chaleur; la distillation prend alors le nom de *combustion*. Elles se partagent en deux portions distinctes, en sels qui restent fixes, et en

... vapeurs d'eau. Par la combustion, toutes les sub... organiques se résolvent en oxigène, hydrogène et ..., libres ou combinés entre eux. L'oxigène, d'après ...périences récentes, manque complétement dans cer... huiles essentielles; l'azote accompagne ces trois corps ... la combustion de certaines autres substances organi... plus rarement le soufre et le phosphore se combinent ...ces produits gazeux.

... Par la *vaporisation* on distille les substances sans les ..., par la *gazéification* on les distille, en les décomposant ...

... Sous le rapport de la nature des substances à dis... nous distinguerons une *distillation sèche* et une *distil... humide*; sous le rapport des produits à recueillir, nous ...guerons une *distillation solide*, une *distillation liquide* ... *distillation gazeuse*. Nous allons entrer dans quelques ... au sujet de chacune de ces éliminations.

... DISTILLATION SÈCHE. Le mot ...
en quoi la distillation sè... diffère de la ...tillation ...le. Dans l'une on soumet ... à ...llation ...et dans l'autre avec l'inte... La distil... des corps inaltérables au ... (s... , etc.) a ...rs lieu par la voie sèche, et ...récau... à pren... c'est de les préserver de l'oxidati... en les pré... du ...et prolongé de l'air atmo... La d... ...on ... sèche ne convient, à ... aux ...ances organiques qu'un de...é de ch... vé se... dans le cas de décomposer : ..., l'acide ... etc. On applique encore ce ...océdé, à ...é supé... de température, aux subst...es organiq... sont le cas de subir, jusqu'à la carbonisation complète, une ...mposition dont on désire étudier les phases et les pro... successifs; on change alors de récipient à chaque ...uit qui apparaît avec un nouveau caractère, et l'on note

le degré de température et l'ordre dans lequel il a apparu. L'étude des substances organiques par la voie sèche remonte bien haut dans l'histoire de la chimie, je dirais même dans l'histoire de l'alchimie; je doute qu'à part la nomenclature, elle ait fourni, aux modernes, quelques notions réelles que l'on ne possédât pas alors, et qu'elle ait éclairci un seul des mystères de cette transformation intestine, de cette violente désorganisation.

200. En vertu de quelles lois et dans quel ordre précis les éléments d'une substance, si homogène auparavant, se séparent, s'isolent, s'associent de nouveau en d'autres substances si variables sous le rapport du nombre, des réactions et de l'aspect? où se trouve la limite précise de chaque transformation? quel est le signe caractéristique du principe immédiat et celui du mélange? quelle est la marche à suivre, pour reproduire à une seconde et nouvelle opération, les phénomènes qu'on a pris tant de soin de noter à la précédente? Comment faire la synthèse d'une analyse aussi compliquée? Comment obtenir la preuve de la théorie, la formule enfin de cette loi?

A la place de toutes ces choses, nous ne possédons que des descriptions aussi variables que les procédés et les circonstances, autant de différences essentielles que de descripteurs.

201. On a recours à la DISTILLATION HUMIDE, à l'égard des substances qu'il est nécessaire de tenir, pendant toute la durée de l'opération, à une température constante, ou au moins à un degré de température inférieur à celui qui serait fatal aux produits de la distillation. Tout le principe de ce procédé est fondé sur ce que les éléments de la dissolution ne se vaporisent pas, avec la même intensité, à la même température; sur ce que les uns se vaporisent avec rapidité à un degré de température à laquelle les autres restent fixes, ou ne se vaporisent qu'en une quantité qu'il est permis de négliger

s la pratique, et qu'on a espoir de diminuer par des opé- ons nouvelles. On distille l'eau ordinaire, pour l'obtenir s le récipient, pure des sels terreux ou des substances iniques fixes. Cependant la pureté de l'eau distillée n'est tellement rigoureuse en fait, qu'on n'y retrouve des traces réciables de certaines substances fixes, qu'elle tenait en olution dans la *cucurbite*; je ne parle pas de l'eau pure on aurait recueillie de la distillation d'une dissolution inique; celle-ci en effet ne manque jamais d'être impré- e d'huiles essentielles de diverse nature, d'acides libres ou sels ammoniacaux.

02. On distille les plantes qui renferment une huile es- tielle odorante ou inodore, par la distillation humide, non r débarrasser l'huile de l'eau dans laquelle on tient la nte plongée (car l'huile essentielle surnage l'eau qui a sé avec elle dans le récipient; elle s'y épure sans s'y dis- dre, on l'en sépare facilement par le soutirage, et on sou- l'eau, soit par le siphon (142), soit par la décantation, en ulant par la tubulure que l'on pratique à la base de cer- s récipients (145). La distillation de ces plantes dans l'eau our but de fournir, à chaque goutte oléagineuse, un milieu tecteur, à l'instant où l'élévation de température fait cre- la vésicule qui la recèle, et de l'isoler ensuite des gom- s, albumines, huiles fixes que la même cause a mises éga- ment en liberté dans le menstrue commun.

203. Il n'en est pas de même de la distillation des liqueurs ritueuses, ni d'un liquide chargé d'un acide ou d'une base latile. Le but vers lequel tendent tous les efforts de l'in- striel et du manipulateur est d'obtenir des produits aussi mpts qu'il est possible de leur premier dissolvant, de les ncentrer, de les *rectifier*, c'est le mot usité aujourd'hui, par successives distillations; de *déphlegmer*, c'est le mot des chimistes, ceux qui avaient pour dissolvant l'eau, à laquelle s alchimistes donnaient le nom de *phlegme*, dans ces sortes dissolution. A cet effet on *cohobe*, c'est-à-dire on replace le

produit du récipient dans la cornue, pour le soumettre à un nouvelle distillation; ou bien on soumet la dissolution trop éten due à la température à laquelle l'un des deux corps se congèle pour l'isoler par la décantation de l'autre; on peut concen trer ainsi l'alcool, l'acide acétique, par la congélation de l'eau ou bien on fait passer le mélange des vapeurs à travers de corps avides de l'une des deux substances et qui respect l'autre, un mélange de vapeurs d'alcool et d'eau, par exem ple, à travers une poudre de chlorure de chaux parfaitemen sec, qui s'empare des vapeurs d'eau, et laisse passer libres l vapeurs alcooliques; ou bien enfin on fait passer le mélang des vapeurs par un *réfrigérant*, c'est-à-dire un espace ten à une température où les unes se condensent beaucoup pl que les autres. Les perfectionnements apportés, dans ces der niers temps, au *réfrigérant*, ont augmenté les produits abrégé la durée des distillations des liqueurs spiritueuse

204. Nous ne saurions nous dispenser de donner une idé de la modification que Bérard a introduite dans le *réfrigéran* des distilleries. Soit la chaudière (*ch.* fig. 1, pl. 2) à fo concave, forme adoptée pour concentrer la chaleur dans le l quide spiritueux (*l*); les vapeurs d'eau et d'alcool s'élèvent p l'ébullition dans le chapiteau (*c*), et se rendent par le bec (*b* dans le réfrigérant, caisse quadrangulaire beaucoup plus lo gue que large, faite en cuivre laminé. Celle-ci est divisée, da toute sa longueur, par des plaques, qui forment des cloiso incomplètes, en s'insérant alternativement et à angle dro sur le fond supérieur et sur le fond inférieur de la caisse, sorte que les vapeurs, pour arriver à l'orifice B, sont forcé de monter et de descendre, et partant de venir s'appliqu et se condenser alternativement contre toutes les faces ces cloisons. La caisse est tenue plongée dans un tonne rempli d'eau à 80 degrés environ. A cette température l vapeurs d'eau se condensent et se rendent goutte à gout vers le fond du vase; là chaque cloison inférieure est pe forée, à la base, d'une ouverture qui laisse écouler le liqui

vers le robinet (*ro*), et de là dans la chaudière, où il va subir une nouvelle distillation, afin de se débarrasser de plus en plus de la quantité d'alcool que les vapeurs ne manquent jamais, en se condensant, d'entraîner avec elles. Quant aux vapeurs d'alcool, elles se rendent libres vers l'orifice B qui les transmet au serpentin (188), ou immédiatement au récipient lequel les condense à leur tour, avec la quantité d'eau, qui échappe toujours à l'action du réfrigérant. Une nouvelle distillation réduit de plus en plus la proportion d'eau et rectifie l'esprit jusqu'au degré de concentration, auquel l'on a intérêt de s'arrêter : on achève la rectification, en distillant l'alcool sur la chaux vive ou sur le chlorure de chaux anhydre.

205. Nous avons dit que, sous le rapport des produits à étudier, nous distinguerions une *distillation* solide, une *distillation liquide* et une *distillation gazeuse*, c'est-à-dire une distillation, par laquelle on se propose d'obtenir des vapeurs susceptibles de se condenser sous forme solide ou liquide, à une température moins élevée, à la température ordinaire en général ; et une distillation par laquelle on se propose d'obtenir des vapeurs qui ne se condensent pas à la suite de ce procédé. La distinction des vapeurs et des gaz est toute relative : une vapeur est un gaz, dès qu'il cesse de s'en produire, et que, partant, sa tension n'augmente plus. Un gaz acquiert toutes les propriétés des vapeurs, à l'instant où il reprend sa forme ordinaire, en sortant de l'état liquide où certains procédés de condensation l'avaient ramené. Si les résultats obtenus par Thilorier, sur le gaz acide carbonique, peuvent se prêter à une application en grand, s'il est possible de se procurer dans un temps donné des quantités suffisantes de cristaux d'acide carbonique, et d'en modérer la gazéification, l'acide carbonique remplacera la puissance motrice de la vapeur d'eau, avec une économie immense et des effets prodigieux.

206. La Distillation solide prend le nom de *sublima-*

tion. Le col de la cornue en est le récipient ; c'est là que les molécules qui se subliment viennent se condenser, en général, sous forme cristalline ou amorphe, colorée ou incolore. L'arsenic, le soufre, le camphre, l'indigo, etc., sont susceptibles de se sublimer.

CHAPITRE VII.

DÉCOMPOSITION OU ANALYSE ÉLÉMENTAIRE.

207. La DISTILLATION GAZEUSE s'opère ou par *réduction*, o par *décomposition*.

208. On RÉDUIT un métal par la chaleur, en le privant de l'ox gène ou des corps volatils, avec lesquels il se trouvait com biné. On se sert, lorsqu'on veut recueillir les gaz, d'une nue en grès réfractaire, car le verre fondrait au degré température qu'on se propose quelquefois d'atteindre ; concentre la chaleur sur la cornue, en ajoutant au fourne une deuxième pièce de même diamètre et de même pât qui augmente la capacité du brasier ; elle porte, à l'extrémi supérieure de sa paroi, une échancrure, sur laquelle on a puie le col de la cornue, et que l'on désigne sous le nom laboratoire ; on la recouvre d'une troisième pièce voûtée forme de dôme ouvert au sommet, que l'on nomme *dôme* *réverbère*, et qui est destinée à concentrer sur la cornue chaleur de la combustion ; le *dôme* porte, à l'extrémité inf rieure de sa paroi, une échancrure qui s'adapte à celle du l boratoire, et permet d'introduire, par cette ouverture latéral les cols des cornues de toute dimension. L'appareil compl prend le nom de *fourneau à réverbère de laboratoire*. Il rare que la *chimie organique* ait recours à ce procédé ; il lui faut pas tant de chaleur pour obtenir les résultats

compétence. Le *fourneau évaporatoire* (pl. 1, fig. 34, *f*) suffit à presque toutes ses manipulations ; c'est un fourneau en terre réfractaire, séparé, en deux capacités, par une grille (*g*) de même substance ; la capacité supérieure (*f'*) se nomme *foyer*, c'est là qu'on place le brasier par l'ouverture (*o*) ; la capacité inférieure (*c*) se nomme *cendrier*, son ouverture est en (*o'*), pour donner issue à la cendre, accès à l'air extérieur, et augmenter ou diminuer le *tirage*, selon qu'on en ouvre plus ou moins la porte. La porte du foyer (*o*) remplit la même condition. On soutient les cornues, au-dessus du foyer, au moyen de trépieds circulaires (*tr*), faits avec de gros fils de fer.

209. La chaleur fournie par un semblable fourneau suffit pour fondre, en quantités minimes, la plupart des métaux, et pour réduire ceux qui en sont susceptibles, l'oxide de manganèse, par exemple, dont on se sert de préférence, à l'effet d'obtenir des quantités considérables de gaz oxigène.

210. De même qu'on recueille un liquide distillé, en déplaçant un gaz, qui est en général l'air atmosphérique ; de même on recueille le gaz que l'on dégage, en déplaçant un liquide ; on choisit, dans ce but, un liquide qui ne soit pas susceptible de dissoudre des quantités appréciables du gaz distillé, ou d'en altérer la pureté. On déplace un gaz par la pesanteur du liquide, on déplace un liquide par la légèreté du gaz ; ces deux opérations sont l'inverse l'une de l'autre.

211. Soit, par exemple, la distillation du gaz oxigène, par la réduction de peroxide de manganèse. Dès que la chaleur se sera communiquée à la poudre du peroxide, qui se trouve au fond de la cornue en terre (*c*, fig. 34, pl. 1), l'oxigène éliminé par l'action du feu se portera vers la voûte du vase, et si là était pratiquée une ouverture, le gaz se répandrait dans l'atmosphère par sa seule force d'expansion. Mais les parois du vase s'opposant à son ascension directe, et le dégagement continuant à refouler successivement toutes les quantités vers le col, il est évident que, si l'on adapte à ce col un tube de verre,

recourbé, on pourra amener le gaz qui se dégage dans toutes les directions possibles. Que si on ferme l'extrémité du tube par un bouchon, le gaz, arrivé à un certain état de compression, repoussera au loin cet obstacle. Si, au lieu d'un bouchon, on plonge l'extrémité du tube dans un liquide, le gaz repoussera la couche de liquide qui s'opposera à son passage, et, en déplaçant successivement les couches supérieures, il montera en bulles plus ou moins considérables ou plus ou moins nombreuses, droit vers le ciel. Mais si la surface du liquide est recouverte d'un vase renversé, de la voûte d'une cloche (*cl*), plongée elle-même assez profondément dans le liquide, le gaz, arrêté dans son ascension, refoulera en bas la masse de liquide, la déplacera de plus en plus, finira par occuper toute la capacité de la cloche, et ne commencera à s'échapper au dehors, que lorsque la capacité de la cloche ne donnant plus place à de nouvelles quantités de gaz, celles-ci seront forcées de longer les parois antérieures de la cloche. Si l'on arrête là l'opération, on aura recueilli une quantité de gaz, dont on pourra constater aisément la nature, le poids et le volume; le vase (*v*) qui aura servi à contenir le liquide, prendra le nom de *cuve pneumatique*, la masse de liquide (*l*) celui de *bain*, la *cloche* (*c l*) celui de *récipient*, et le support perforé (*s*), qui permet d'introduire l'extrémité recourbée du tube de verre (*t*) sous la cloche, prendra celui de *têt* ou *tablette*.

212. On distingue deux espèces de *cuves pneumatiques*: la *cuve à eau*, ou cuve *hydro-pneumatique*, et la *cuve à mercure*, ou *cuve hydrargiro-pneumatique*. Celle-ci sert aux expériences de précision, l'autre aux démonstrations publiques, et à toutes les expériences où l'on recherche plus la quantité que la qualité du produit, et à celles dont les produits seraient attaquables par le mercure. Les cuves *hydro-pneumatiques* des laboratoires sont de grandes caisses quadrangulaires en bois, doublées de plomb, dont l'on recouvre la surface

par une couche de vernis gras, afin de préserver le plomb de l'action des petites globules de mercure, qu'on y laisse tomber dans le cours des expériences. Elle est soutenue par quatre pieds en bois; elle est munie de deux rainures opposées horizontales, qui reçoivent une tablette assez large pour supporter les cloches de toutes les capacités, et perforée d'une ouverture circulaire, par laquelle on introduit l'extrémité des tubes conducteurs sous les cloches, les ballons ou les flacons renversés que l'on désire remplir de gaz. Ces sortes de cuves ont jusqu'à quatre pieds de côté.

213. La cuve *hydrargiro-pneumatique* reste loin de ces dimensions, les plus grandes des amphithéâtres contenant rarement plus de 150 kilogrammes de mercure. Ce sont des caisses quadrangulaires, creusées dans un bloc de marbre ou de calcaire compacte, dont la fig. 17, pl. 1, représente le plan ordinaire : (*b b b b*) bord extérieur; (*e e e e*) bord interne, moins élevé pour recevoir le relief du couvercle; (*f*) fosse profonde de la cuve; (*r r*) rainures pratiquées dans l'épaisseur des deux parois parallèles de la fosse, et qui reçoivent une planchette perforée, servant à l'introduction du gaz dans les cloches et flacons; (*t t t t*) table de la cuve sur laquelle on place les cloches et flacons remplis de mercure, que l'on se propose de remplir de gaz; (*t r*) trou creusé perpendiculairement dans le marbre, pour y tenir droits les tubes gradués, dans lesquels on mesure le volume des gaz. On construit ces sortes de cuves de toutes les dimensions, et avec des modifications que chacun peut indiquer dans le but qu'il recherche; on en fait aussi en bloc de bois enduit d'un vernis gras. Enfin, pour les expériences en petit, on emploie fréquemment les petites cuves en porcelaine, dont la fig. 13, pl. 1, donne le plan et la coupe verticale dans le sens de la longueur : on en trouve qui ne contiennent que 5 à 6 livres de mercure; mais, dans ce cas, une petite terrine en porcelaine, avec un simple têt de même substance, peut servir, avec le plus grand succès, de cuve à mercure.

214. On a soin de maintenir les flacons et les cloches qu servent de récipient au gaz, fixés contre la tablette, afin que le bulles qui viennent frapper leur voûte ne les soulèvent pas au dessus de l'eau ou du mercure. Les flacons renversés se fixent par leur goulot, dans l'ouverture de la planchette, ouvertur circulaire par une de ses extrémités, pour donner passage au rebord du goulot, et se terminant par l'autre en un parallélipipède de moindre longueur, qui ne donne entrée qu'au co du vase. On tient les cloches fixées contre la planchette, en appliquant l'un des cercles du support mobile (*c* pl. 3, fig. 11 sur la voûte de la cloche, et arrêtant l'anneau du suppor contre sa tige, par la vis de pression (*v*).

215. On peut avoir à transvaser les gaz, comme les liquides, soit pour les isoler d'un liquide qui occupe le même vase soit pour les fractionner en vue des essais successifs qu l'on entreprend. On introduit, dans ce but, un entonnoir à co très court et à pavillon très évasé, dans l'ouverture de la planchette qui communique avec la capacité du *récipient*; o amène l'orifice du *transporteur de gaz* sous le pavillon de l'entonnoir, et l'on abaisse son extrémité opposée, jusqu'à ce qu'o ait fait passer dans le récipient le volume de gaz qu'on a intention de transvaser. Si l'on doit transporter le gaz d'un cuve à une autre, on place une soucoupe ou une terrine contre le goulot du flacon, dans la cuve même; de manière qu'e sortant à la fois le flacon et la soucoupe, celle-ci serve de cu à l'autre, et s'oppose à l'introduction de l'air extérieur.

216. On mesure le volume des gaz, au moyen de tubes d'éprouvettes et de cloches (42) graduées (pl. 1, fig. 9-12 c'est-à-dire de vases dont on a d'avance fractionné la capacité, par une échelle gravée au diamant sur la paroi d verre. La graduation d'un vase est une opération qui, sa être compliquée, exige une grande délicatesse dans l'exécution. Elle consiste à noter, sur le verre du vase à graduer tous les espaces qu'occupe une fraction égale d'un liquide dont on a déterminé d'avance le poids et le volume. I



mercure est le liquide dont on se sert, de préférence à l'eau, parce que l'eau s'attacherait aux parois qu'elle mouille, et qu'on ne serait jamais sûr de verser dans la cloche des quantités égales. Cet avantage du mercure ne laisse pas que d'avoir aussi son inconvénient; car, en vertu des lois de la capillarité, la surface du métal devient convexe, et forme un obstacle à la vision, lorsqu'il s'agit de déterminer la hauteur précise où le volume s'élève. Pour obvier à cet inconvénient, Faraday avait soin de se servir de mercure qui tenait en dissolution un quatre millième de plomb, ce qui lui donne pour le verre un degré d'affinité capable d'aplanir la surface. On se procure une mesure propre à la graduation, au moyen d'un tube de verre fermé à la lampe, dans lequel on dépose une quantité de mercure, de un, deux à dix centimètres cubes, selon la capacité du vase qu'on doit graduer. On détermine la pesanteur spécifique du métal, et l'on procède à 4° centig., température à laquelle un gramme d'eau occupe un centimètre cube. La quantité voulue de mercure étant introduite dans ce tube, on note sur le verre la hauteur à laquelle correspond sa surface; on coupe circulairement le verre aussi près que l'on peut de ce point (*), on use les bords à l'émeri ou sur l'ardoise, pour enlever les aspérités et atteindre le contour précis indiqué par le signe; on a alors un étalon pour la graduation; on pourrait se construire aussi des étalons en petites caisses carrées de bois dur. On dispose ensuite avec solidité la cloche ou le tube, l'ouverture en haut, et dans un plan parfaitement horizontal; on évite de le toucher avec les doigts, et de respirer sur la surface; on l'entoure d'un cercle en cuivre susceptible d'être serré par une vis de rapprochement, qui passe par ses deux

(*) On coupe le verre en pratiquant une entaille circulaire, soit au diamant, soit à la lime; on roule dans cette cavité un fil imbibé d'huile de térébenthine, on met le feu à l'extrémité libre; la combustion rapide du fil suffit pour détacher les deux portions du tube, juste au point de l'entaille.

bouts. Ce cercle doit servir et de régulateur à la vision, et de règle à la graduation. Cela fait, on emplit son étalon de mercure à ras, au moyen d'une plaque de verre qu'on promène sur l'ouverture; on verse le mercure dans le vase; on amène le cercle de cuivre au point où correspond la surface de la quantité du mercure que l'on vient de verser, et l'on trace délicatement à l'encre rouge, sur les deux parois opposées du vase, deux traits parallèles à la surface du mercure. Lorsqu'on observe à travers jour, dans le but de déterminer le point exact où aboutit cette surface, on en distingue deux, au lieu d'une, la première qui correspond au contact du mercure et des parois du verre, et la seconde qui correspond au point culminant de la convexité du volume de mercure. Si l'on se règle d'après celle-ci, il faut l'adopter constamment dans toute la graduation; la première division seule sera affectée d'une erreur équivalant à 1/3 de l'épaisseur comprise dans la calotte formée par la convexité du mercure. La graduation étant terminée sur l'une et l'autre face, on s'occupe de la rendre indélébile en la gravant au diamant; pour cela on commence par tracer une ligne perpendiculaire, à laquelle aboutiront tous les traits horizontaux. On détermine la distance à laquelle on doit tenir la règle de cuivre, pour que la pointe du diamant corresponde au trait, quand le manche en bois est appliqué contre la règle, et alors il suffit d'un mouvement de va et vient répété trois ou quatre fois, pour que le trait soit gravé. On a soin de donner plus de longueur à chaque cinquième trait qu'aux quatre autres, à chaque dixième plus de longueur qu'aux cinquièmes, et de l'accompagner du chiffre qui lui convient; le trait qui termine la graduation vers l'extrémité du vase, et qui, dans les expériences, doit être constamment l'inférieur, étant marqué zéro, et le chiffre cinq se posant au sixième trait pour cette fois seulement. La graduation sur les deux faces du verre, offre l'avantage de régulariser la vision, lorsqu'on cherche à déterminer les volumes de gaz, et fournit le moyen de constater, avec la plus grande facilité, que

la vase est placé dans la verticale de la première graduation.

217. Le poids des gaz est à déterminer tout aussi bien que leur volume; il s'agit d'avoir un appareil pour les transporter et les maintenir dans la balance. On se sert à cet effet de ballons (pl. 1, fig. 6), munis à leur tubulure d'un robinet en métal (*ro*), qui s'adapte à leur col par une virole; d'un autre côté, on a soin de recueillir le gaz dans une cloche (fig. 7), munie au sommet d'un robinet de même structure; le ballon et la cloche sont remplis du même liquide, et tenu en communication l'un avec l'autre par l'ouverture des deux robinets; lorsque le gaz a rempli toute la capacité du ballon (fig. 6), on interrompt la communication en tournant les deux robinets, et dévissant les deux tiges. Le ballon, dont on connaît le poids à vide, se place de la sorte dans le plateau de la balance, et l'excédant indique le poids du gaz, en tenant compte des indications barométriques et thermométriques, dont nous aurons à nous occuper plus bas.

218. Pour des expériences moins délicates, et aussi pour transporter des gaz, on peut remplacer le ballon par une vessie (fig. 5), que l'on mouille, et que l'on tient tordue pour en chasser l'air. La virole (*vi*) qui la termine étant vissée sur la virole de la cloche (fig. 7), le gaz s'y rendra en la distendant, jusqu'à ce que la force de ses parois s'y oppose.

219. Les gaz et les vapeurs, que l'on a en vue de recueillir, ne se dégagent pas avec toute la pureté que requiert la précision de l'opération. On les purifie, en leur faisant traverser, avant de les recueillir, des liquides ou des substances en poudre, qui soient de nature à dissoudre ou à absorber les principes dont on a en vue de dépouiller le gaz ou la vapeur. Si le gaz est humide, on remplit de chlorure de chaux les tubes qu'il traverse; s'il est mélangé à l'acide carbonique ou à un tout autre acide volatil, on l'en dépouille au moyen d'une solution alcaline, pour laquelle il n'a point d'affinité. L'appareil qu'on désigne sous le nom de Woulf,

quoiqu'on en trouve la figure dans Glauber, est celui d
on fait le plus d'usage, toutes les fois qu'on veut obtenir
résultat analogue, et pousser la précision jusqu'à ses d
nières limites, par une seule et même opération; nous all
le décrire d'après la fig. 25, pl. 1.

220. Appareil de Woulf. Soit le ballon en général en ver
(*ba*), qui renferme la substance (*l*) dont on se propose de d
gager un gaz ou une vapeur par le moyen de la chaleur. Il
pose dans un bain de sable ou d'eau, dont on remplit un
(*t*) ou un vase en métal, qui s'appuie immédiatement sur
fourneau (*f*). On introduit dans sa tubulure, et par de
trous pratiqués dans le bouchon, deux tubes, dont les ext
mités (*ex*) sont tenues à une assez grande distance de la s
face du liquide (*l*); l'un (*tu'*) prend le nom de *tube de sûre*
il est coudé et muni d'une boule (*bo*) que l'on remplit
mercure, ou du même liquide qu'on a déposé dans le ball
(*ba*); l'autre tube (*tu*) est coudé deux fois à angle droit, et
branche opposée se rend dans l'une des trois tubulures (*tb*)
premier flacon (*fl*), au fond duquel on a déposé une couc
du liquide (*l*) par lequel on veut purifier le gaz; l'extrém
de cette branche ne doit pas y pénétrer; le tube (α), introd
dans la tubulure médiane, pénètre dans le liquide. La tr
sième tubulure donne passage à l'une des deux branches d'
tube coudé (*tu''*) dont l'ouverture reste à distance du liquide,
dont l'autre branche va pénétrer dans le liquide du flacon (*f*
Cette disposition se répète sur tous les flacons de même stru
ture qu'on se propose de faire traverser par le gaz; enfin, l'ap
reil aboutit ou à une éprouvette (*ep*), ou à une cloche renv
sée (fig. 34, *cl*), selon qu'on se propose de combiner, le g
avec une substance fixe ou de le recueillir. L'appareil ai
construit, on chauffe le fourneau (*f*), et voici ce qui se pass
Le gaz monte vers la région supérieure du ballon; le *tu*
de sûreté (*tu'*) oppose un obstacle à son passage par le liqu
dont on a rempli la boule (*bo*) de son coude; le tube (*tu*)

contraire le laisse passer librement jusqu'au flacon (*fl'*); la pression qu'il exerce sur le liquide du flacon a sa compensation dans le tube (α) de la tubulure médiane, qui plonge dans le liquide et lui fournit une issue. Quant au gaz, il en trouve une par l'extrémité du second tube (*tu''*), qui cette fois va plonger son autre branche dans le flacon (*fl'*), et le force de traverser le liquide (*l*), pour arriver à l'orifice du tube, qui doit le transmettre au flacon suivant; à chaque traversée, le gaz se dépouille d'une quantité donnée du principe qui l'altère. L'on continue l'appareil, en ajoutant autant de flacons qu'il en faut, pour que la proportion du mélange devienne inappréciable et se réduise presque à zéro; c'est alors qu'on introduit l'extrémité du dernier tube dans le *récipient* (*ep*). Les tubes (α) de chaque flacon sont tout autant de tubes de sûreté, qui s'opposent à ce que la pression qui vient du dégagement du gaz ne fasse monter le liquide dans le tube de la tubulure opposée; mais il pourrait arriver que la pression exercée dans l'un ou l'autre des flacons, fit refluer le liquide vers le ballon, surtout dans les cas où l'extrémité du premier tube (*tu*) serait plongée dans le liquide du premier flacon (*fl*); cela équivaudrait à la production du vide dans le ballon (*ba*); c'est pour prévenir cet accident qu'on dispose le tube de sûreté (*tu'*), qui, dans ce cas, livre passage à l'air extérieur et rétablit l'équilibre.

On se sert du même appareil, pour effectuer en petit la distillation des liqueurs alcooliques. L'alcool, en effet, finit par se rectifier, en passant successivement à travers des quantités d'alcool qui s'échauffent au passage, mais toujours de moins en moins; en sorte que la quantité d'eau qui est parvenue à l'un des flacons y reste condensée, faute d'une température suffisamment élevée, et abandonne les molécules alcooliques, à la vaporisation desquelles cette température suffit.

221. Après avoir décrit la construction des appareils dis-

tillatoires et la marche matérielle de la dist ition, il est important d'évaluer théoriquement les indications des résultats, et de faire la part de toutes les circonstances. Il ne suffit pas de noter scrupuleusement les caractères que chaque phase peut offrir à notre vue, et les caractères du produit; il faut en pénétrer pour ainsi dire la nature intime, et y démêler, par le raisonnement, les mélanges et les combinaisons qui mettent en défaut la puissance des réactifs les plus délicats et les moins équivoques.

Si, dans un mélange soumis à la distillation, se trouvent deux substances de nature différente, mais d'égale volatilité et de solubilité égale, il doit paraître évident qu'on sera exposé à en prendre le mélange pour un principe *suî generis*, une fois qu'on l'étudiera dans le récipient; et les nouveaux caractères de ce mélange, devenus plus intimes que jamais, seront d'autant plus trompeurs qu'ils seront susceptibles de se combiner entre eux d'une manière plus variée, et que les deux substances qui le composent seront solubles dans un plus grand nombre de réactifs.

222. D'après ce que nous avons dit, sur la réciprocité des affinités (57), il est évident encore que les gaz dont s'imprègnent les substances volatiles, en se rendant, à l'état de vapeurs, dans le récipient, n'en seront jamais assez complétement éliminés par les réactifs, pour ne pas communiquer un caractère nouveau à ces substances mêmes. L'huile prendra donc l'apparence d'un acide *suî generis*, en s'imprégnant intimement d'un gaz acide, et l'apparence d'un alcali organique, en s'imprégnant d'ammoniaque ou d'un sel organique à base d'ammoniaque. Dégagez ensuite, si vous le pouvez, sans altérer les produits, le gaz de la substance même, au moyen de réactifs capables de coaguler celle-ci; vous ne ferez qu'emprisonner davantage l'acide dans la substance.

Par la même raison de la réciprocité des affinités, une substance fixe pourra être entraînée dans le récipient, par suite de son union intime avec une substance volatile, dont

elle partagera dès lors la volatilité et la solubilité; *et vice versâ*. Le sucre acquerra la volatilité de l'huile volatile, avec laquelle il se trouvait associé dans la cucurbite, et lui communiquera sa propre solubilité.

223. Or si toutes ces propositions sont irrécusables, on est forcé d'admettre qu'elles se réalisent à chaque distillation d'une substance organique, pour ne parler ici que des substances de ce genre. Les phénomènes d'une distillation quelconque doivent donc être discutés rigoureusement, en présence de ces principes; et l'étude des produits du *récipient* ne doit jamais être isolée du souvenir du mélange de la *cucurbite*, si l'on ne veut pas s'exposer à prendre des combinaisons pour des principes, des apparences pour les signes d'une réalité, et donner une appellation spéciale à une simple différence dans les proportions.

DISTILLATION GAZEUSE DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

224. On a reconnu, par l'expérience directe, que toute substance organique soumise à un degré de température suffisamment élevé, à celui de la chaleur rouge, par exemple, se décompose en cendres et en produits gazeux; qu'en dernière analyse ces produits gazeux se réduisent à quatre radicaux : le *carbone*, *l'oxigène*, *l'hydrogène*, *l'azote*, ces trois derniers souvent isolés; le premier toujours combiné à l'un ou à l'autre des trois suivants. Les cas les plus fréquents de ces associations gazeuses des radicaux entre eux, sont ceux du carbone avec l'oxigène (*acide carbonique*, *oxide de carbone*), du carbone avec l'hydrogène (*hydrogène carboné*), de l'oxigène avec l'hydrogène (*eau*), avec l'azote (*acide nitreux ou nitrique*), de l'azote avec l'hydrogène (*ammoniaque*). Le chlore, le soufre, le phosphore, etc., que l'on trouve combinés avec l'un ou l'autre de ces produits, proviennent des sels, dont la base est restée dans les cendres.

225. L'opération qui n'a pour but d'obtenir que les cen-

dres du corps organique, prend plus particulièrement le nom de *décomposition*; celle qui a le double but d'isoler et de recueillir les cendres, dans la cornue, et les produits gazeux dans les récipients, nous l'appellerons *distillation gazeuse*; on a donné le nom d'*analyse élémentaire* ou *analyse des corps organiques* à la distillation gazeuse, par laquelle on se propose de déterminer avec précision, en poids et en volume, les proportions, d'après lesquelles le *carbone*, l'*oxigène*, l'*hydrogène* et l'*azote* se trouvaient combinés, deux, trois ou quatre ensemble, dans la substance qu'on vient de décomposer par le feu. La première application de cette idée est due à Lavoisier; la seconde à Gay-Lussac, qui s'aida du concours de Thénard, pour analyser un certain nombre de substances organiques, et en publier les résultats dans ses *Recherches physico-chimiques*. Le procédé que Gay-Lussac employa d'abord a été modifié dans la suite, et par lui-même et par d'autres observateurs. Nous allons décrire les principaux par ordre de dates, renvoyant à la fin de ce chapitre la critique raisonnée de chacun d'eux.

Il ont tous cela de commun, qu'ils transforment les produits en eau et en acide carbonique, et que l'azote, lorsqu'il existe dans la substance organique, est le seul gaz qui se dégage isolé. Le calcul donne ensuite les quantités d'oxigène, d'hydrogène et de carbone qui rentrent dans la composition de l'eau et du gaz acide carbonique, dont on a déterminé préalablement les proportions en poids ou en volume. En effet l'eau étant composée, en volumes, de deux portions d'hydrogène et d'une d'oxigène, en poids de 12,48 d'hydrogène et de 100 d'oxigène; l'acide carbonique étant composé à son tour, de une portion en volume de vapeur de carbone, et de deux portions d'oxigène, et en poids de 76,44 de carbone et de 200 d'oxigène; il est évident que par une simple règle de trois, on obtiendra les quantités respectives d'oxigène et d'hydrogène qui entrent dans la composition d'une quantité donnée d'eau pure, et les quantités respectives d'oxigène et de car-

bone qui rentrent dans la composition d'une quantité donnée d'acide carbonique.

226. Mais pour transformer, en eau et en acide carbonique, l'oxigène, l'hydrogène et le carbone d'une substance organique, il faudrait que la substance possédât, par devers elle, assez d'oxigène, pour suffire à la combustion de son hydrogène et de son carbone, et c'est ce qui n'a jamais lieu; aussi, à la place de ces deux produits, on ne manquerait pas de recueillir un mélange inextricable d'eau, de divers corps oléagineux, et de diverses combinaisons gazeuses dans le récipient, et un charbon plus ou moins volumineux dans la cucurbite, si l'on se contentait d'exposer la substance organique, sans autre mélange, à sa propre décomposition, sous l'influence de la chaleur. On a donc cherché à compléter la combustion de l'hydrogène en eau, et de tout le carbone en acide carbonique, en soumettant au même coup de feu, et la substance à analyser et une poudre capable de dégager, par l'élévation de température, autant d'oxigène qu'en réclame la complète combustion; en sorte que dans le vase qui sert de cucurbite, il ne reste plus un atome de la substance organique, et que dans le récipient il ne passe autre chose du corps *comburant* que de l'oxigène en excès, dont on tient compte.

227. Telle est la théorie du procédé; en voici les plus récentes modifications.

Procédé de Gay-Lussac.

228. Comme corps *comburant*, l'auteur employait le *chlorate* de potasse, dont, par une analyse à part, il avait soin de déterminer la proportion d'oxigène; il mêlait intimement un poids donné de ce sel avec un poids donné de la substance organique, en les broyant ensemble à l'abri de l'humidité; et après avoir desséché la substance, en la tenant, pendant un espace de temps suffisant, à la température de l'eau bouillante.

229. L'appareil, qui servait à la combustion, se composait d'un tube de verre vertical fort épais, de deux décimètres de long, et fermé à la lampe à son extrémité inférieure, qui, à cinq centimètres de son ouverture, c'est-à-dire de l'extrémité supérieure, communiquait avec un tube de verre soudé, lequel se coudait trois fois, pour aller introduire son extrémité, à travers le bain de mercure, dans le flacon destiné à servir de récipient aux gaz. L'extrémité ouverte du tube vertical entrait dans une virole en cuivre, au moyen d'un mastic qui ne fond qu'à 40°. Cet appareil en cuivre supportait un robinet, dont la clef, au lieu d'être perforée, tournait sans donner passage à l'air, mais dont la surface était creusée, à sa portion médiane, d'une cavité capable de loger un corps du volume d'un petit pois; et le tout se terminait par un entonnoir, dont l'orifice correspondait juste à la cavité que nous venons de décrire. C'est par cette petite cavité qu'on introduisait le mélange dans le tube de verre vertical, au fond duquel devait s'opérer la décomposition organique. Pour cela, on moulait la pâte, en la faisant entrer dans un emporte-pièce cylindrique en laiton, de 0m,0025 de diamètre intérieur; on faisait sortir la pâte de ce cylindre au moyen d'un petit piston de même diamètre; et on coupait le cylindre moulé en boulettes du calibre qui pouvait s'adapter à la cavité de la clef du robinet. Celle-ci était graissée, pour que le tube vertical ne fuie pas; et pour empêcher la graisse de couler, on entourait la douille de glace que l'on déposait dans une capsule de laiton soudée à sa base.

230. Le tube vertical de verre passait par un trou pratiqué dans une brique, sur laquelle reposait le tube coudé qui devait se rendre dans le récipient, et s'y mastiquait au moyen du lut de terre infusible. Cette brique était soutenue par deux murs parallèles de briques que l'on élevait sur une table à côté de la cuve à mercure, à la distance l'un de l'autre d'environ 0m,15. L'extrémité du tube vertical s'appuyait sur une grille de fer, qui pénétrait dans les deux murs de brique. On mettait peu à peu

des charbons allumés sur cette grille, de proche en proche, pour n'échauffer le tube que graduellement; on plaçait ensuite au-dessous de l'extrémité, une lampe à esprit-de-vin, qui portait bientôt la chaleur au rouge obscur. C'est alors que l'on engageait l'extrémité du tube conducteur sous le goulot d'une éprouvette pleine de mercure; on faisait tomber en même temps, par la cavité du robinet, quelques boulettes de la substance, qui s'enflammaient en tombant, et donnaient lieu à un dégagement de gaz, lequel chassait l'air de l'appareil; en sorte que celui-ci finissait par ne plus renfermer que du gaz de même nature que ceux qu'on se proposait de recueillir, résultat que l'on pouvait considérer comme complet, après la combustion d'une vingtaine de boulettes.

231. Cela fait, on enlevait l'éprouvette de mercure, dans laquelle on avait reçu le dégagement des premières portions de gaz, et on la remplaçait par un flacon renversé plein de mercure, et dont on connaissait la capacité. On pesait, à un demi-milligramme près, la quantité de boulettes qu'on avait à décomposer, et qu'on avait eu la précaution de renfermer hermétiquement dans un vase, à l'abri de l'humidité. On les projetait une à une dans le tube vertical incandescent, et on enlevait le flacon, dès qu'il était plein de gaz. On pesait alors de nouveau la quantité de boulettes restantes, et on recevait les gaz dans un nouveau flacon plein de mercure; et ainsi de suite jusqu'à ce que la quantité de substance à analyser fût épuisée.

232. L'opération terminée, on avait toutes les données nécessaires, pour déterminer la proportion des principes, dont se composait la substance organique, avant sa combustion.

233. En effet, la combustion de la substance organique ayant été opérée exactement dans les mêmes circonstances pendant toute sa durée, il est évident que la proportion des produits, en poids et en volumes, sera exactement la même dans chacun des flacons où on les aura recueillis; qu'en conséquence les analyses du contenu de chacun d'eux devront

présenter des résultats aussi concordants qu'il est possible de les attendre, et qu'en prenant des moyennes, pour faire disparaître les légères différences qui les distinguent, on pourra se flatter d'avoir approché aussi près que possible de la vérité.

234. On commençait l'analyse par sacrifier une certaine quantité de gaz, à des essais ayant pour but de s'assurer que l'oxide de carbone n'entre pour rien dans le mélange. A cet effet on introduisait le mélange gazeux dans l'eudiomètre (pl. 2, fig. 2.), ainsi qu'un volume de gaz hydrogène formant le 6e du volume total : 20 sur 120 ; on faisait passer l'étincelle électrique à travers le mélange ; si le mélange se réduisait du quart, c'est-à-dire de 30 sur 120, on était assuré que les produits étaient purs d'oxide de carbone ; si la réduction du mélange gazeux était de plus du quart, le résultat de l'expérience était incertain.

235. On constatait ensuite la présence ou l'absence de l'azote, soit par l'emploi du phosphore, soit par la décharge eudiométrique. Le premier procédé consistait à absorber l'oxigène par le phosphore, après avoir absorbé le gaz acide carbonique par la potasse ; le résidu gazeux était de l'azote ; le second procédé consistait à mêler, dans l'eudiomètre à mercure (pl. 2, fig. 2), deux volumes de gaz hydrogène, avec un volume de la portion de gaz, que n'avait pas absorbé la solution de potasse caustique ; à faire détoner l'étincelle électrique à travers le mélange ; si après la détonnation il restait du gaz dans l'eudiomètre, il renfermait de l'azote ; car on se trouvait avoir introduit assez d'hydrogène, dans l'eudiomètre, pour combiner toute la portion gazeuse en eau, si elle avait été formée uniquement d'oxigène : l'eau étant composée de un volume d'oxigène et de deux d'hydrogène.

Ce point de la question étant une fois fixé, et lorsque les produits ne renfermaient pas d'azote, on procédait à la détermination des proportions. On faisait passer sous le mercure une portion de gaz dans un tube gradué ; on introduisait dans le tube une petite quantité d'une forte dissolution de potasse

caustique, qui absorbait le gaz acide carbonique, et faisait monter le mercure d'autant; on mesurait le résidu, qui ne se composait plus que d'oxigène, que l'on défalquait du volume total; on avait ainsi les proportions relatives de gaz oxigène et de gaz acide carbonique en volume. On traduisait les volumes en poids, en les multipliant par la densité respective du gaz oxigène et du gaz acide carbonique, en vertu de cette formule $\frac{P}{V} = D$, et $V \times D = P$. Comme on connaissait le volume total du produit gazeux de l'expérience, on appliquait à la totalité, par une règle de trois, les résultats numériques de la moyenne des expériences partielles; on avait ainsi le poids total de l'oxigène isolé et celui de l'acide carbonique. Puis, par un nouveau calcul, on déterminait le poids de l'eau, en défalquant la somme du poids de l'acide carbonique et de l'oxigène, du poids de la substance organique brûlée, ajouté à celui de l'oxigène dégagé par le chlorate de potasse. Nous avons dit (228) qu'on avait soin de déterminer d'avance la quantité d'oxigène que le chlorate employé renfermait. La quantité d'eau, en effet, devait être égale au poids de la substance organique + l'oxigène du chlorate, — le poids de l'oxigène, et de l'acide carbonique recueillis à l'état de gaz. Par tout autant de règles de trois, on déterminait le poids de l'oxigène de l'acide carbonique et de l'eau; on ajoutait ces deux sommes à celle de l'oxigène obtenu à l'état de gaz; on défalquait, de la somme totale, la quantité dégagée par le chlorate; le restant d'oxigène appartenait à la substance organique. Cette opération (225) donnait en même temps les quantités relatives de carbone et d'hydrogène; et par de nouvelles règles de trois, on déterminait combien, sur 100 parties, la substance organique renfermait de carbone, d'oxigène et d'hydrogène.

236. Lorsque l'azote se trouvait au nombre des produits gazeux de la combustion de la substance organique, on en déterminait la proportion, après en avoir soustrait l'acide carbonique par la potasse, en exposant le résidu à l'action suffi-

samment continuée du phosphore, qui, absorbant l'oxigène, permettait de mesurer l'azote isolément.

237. Le chlorate de potasse employé, comme corps comburant, ne remplissait pas régulièrement et avec une garantie suffisante, toutes les conditions du problème; on arrivait difficilement à porter la chaleur assez haut pour que la combustion fût complète, et, dans l'explosion, des quantités considérables de substance organique étaient projetées, vers les parois supérieures du tube vertical à combustion (229). Par suite d'une combustion incomplète, il se produisait, dans l'analyse des matières azotées, ou de l'ammoniaque, ou de l'oxide nitreux, dont la présence reconnaissable à son alcalinité pour l'une, et aux vapeurs rutilantes que fournissait l'autre, au contact d'une certaine quantité d'air extérieur, dont la présence, dis-je, ne pouvait manquer de compliquer les difficultés de l'analyse, et d'en rendre les indications fautives. Gay-Lussac remplaça le chlorate de potasse par l'oxide de cuivre, qui est le corps comburant auquel on s'est définitivement arrêté depuis.

Procédé de Berzélius.

238. Berzélius modifia le procédé de Gay-Lussac; dans le but de brûler lentement la substance organique, afin de la brûler complétement, il combinait la substance avec l'oxide de plomb, il mêlait ensuite la combinaison avec le chlorate de potasse, et l'introduisait dans un tube long, et fermé par un bout, qu'il chauffait graduellement, en marchant de l'extrémité ouverte, vers l'extrémité fermée.

L'auteur mêlait une partie de la combinaison organique avec 5 à 6 fois son poids de chlorate de potasse, et puis avec 10 à 12 fois son poids de sel marin, dans un mortier échauffé à 100° ou au-delà.

Le tube dans lequel s'introduisait ce mélange intime, avait un demi-pouce de diamètre intérieur; on avait soin de placer au fond une certaine quantité de chlorate de potasse et de sel

marin, non mélangés à la substance organique. Après avoir
ssé, par-dessus cette première couche, le mélange organique,
n le recouvrait de chlorate de potasse et de sel marin; cette
isposition avait pour but d'envelopper la substance d'une
tmosphère d'oxigène, avant de la chauffer, pour qu'il ne pût
chapper une seule molécule à la combustion, et de conti-
uer le dégagement de l'oxigène après la combustion, pour
hasser tout le gaz acide carbonique du tube vers le récipient.
out étant ainsi disposé, l'auteur coudait et effilait à la lampe
extrémité ouverte du tube, qu'il introduisait dans une petite
llonge sphérique, qui était destinée à recevoir l'eau dégagée
endant la combustion; le col de ce petit vase s'introduisait
e nouveau dans un tube rempli de chlorure de chaux, et qui
rrêtait au passage les molécules aqueuses non condensées
ans le premier appareil. Ces trois pièces étaient unies ensem-
le, au moyen de tubes élastiques en caoutchouc, dont on
rait soin de ne pas laisser les parois immédiatement en con-
act avec les vapeurs et les gaz qui devaient se dégager. En-
n, le tube à chlorure recevait un petit tube coudé, dont l'ex-
rémité recourbée allait s'engager sous une cloche pleine de
mercure.

On chauffait alors le tube plein du mélange, que l'on plaçait
ur un plan incliné, le bout fermé en bas. Lorsque l'opéra-
ion était terminée, on évaluait la proportion du gaz en poids
ou en volume: 1° en poids, en introduisant dans la cloche une
petite ampoule pleine de potasse et fermée avec une peau, que
l'on pesait soigneusement avant et après la durée de son expo-
sition au gaz, durée qui n'était pas moins de douze heures;
l'excès du poids donnait le poids de l'acide carbonique. On
obtenait le poids de l'eau, en pesant l'allonge où elle s'était con-
densée en liquide, et le tube où elle avait été absorbée par le
chlorure de chaux. Le poids des gaz qui restaient dans la clo-
che s'obtenait par le calcul, ce qui n'offrait pas la moindre diffi-
culté, quand ce n'était pas un mélange d'azote et d'oxigène;
car on connaissait la perte que la combustion avait fait éprouver

en poids, au mélange de substances combustibles et comburantes ; on connaissait le poids de l'eau, et celui de tout l'acide carbonique dégagé ; la différence était le poids du reste. 2° On obtenait l'évaluation des gaz en volumes ; en absorbant le gaz acide carbonique par l'hydrate de potasse, et notant le point où le mercure montait après l'absorption ; puis en absorbant l'oxigène par le phosphore, et notant le point où le mercure était de nouveau monté ; s'il se trouvait un résidu, c'était de l'azote ; on avait ainsi les proportions en volume de ces trois gaz ; le volume étant connu, le calcul en déduisait le poids ; or, la différence entre le poids des gaz et le poids du mélange constaté avant la combustion, représentait le poids de l'eau ; on déduisait enfin les proportions de carbone, d'oxigène, d'hydrogène et d'azote, par tout autant de règles de proportions, comme ci-dessus.

239. Dans la suite, Berzélius a adopté, comme corps comburant, de préférence au chlorate de potasse, l'oxide de cuivre, dont Gay-Lussac avait signalé les avantages, surtout pour l'analyse des substances azotées ; l'emploi du chlorate de potasse donnant le plus souvent lieu à la formation d'acide nitreux ; et en général tous les chimistes, qui se sont occupés après lui, d'analyses élémentaires, ont suivi l'exemple de Berzélius.

240. On se sert d'oxide pulvérisé, que l'on mêle, en proportions déterminées d'avance, avec la substance organique, mais l'oxide de cuivre étant en excès ; on divise le mélange par de la tournure de cuivre non oxidé, ou par une spirale en cuivre qui s'étend d'un bout d'un tube à l'autre. Après l'expérience, on déduit le poids des gaz, par la pesée directe ou par le calcul. On pèse le tube à combustion ; la différence entre le poids du tube avant l'expérience d'un côté, et entre la somme du poids du même tube pesé après l'expérience, et du poids des gaz de l'autre côté, indique le poids de l'eau formée, dans le cas où on n'aurait pas disposé l'appareil de manière à peser l'eau directement.

241. L'oxide de cuivre absorbe facilement l'humidité de l'air; on doit prévenir cet accident par les précautions d'usage, en opérant le mélange. On se le procure de la manière suivante : on dissout dans l'eau pure le sulfate de cuivre cristallisé et pur, on le précipite par le carbonate de potasse ; on fait bouillir le précipité avec un excès d'alcali, pour décomposer tout le sulfate qui se précipite avec le carbonate, dans les premiers moments ; on lave et on calcine le précipité, afin d'éliminer l'acide carbonique ; l'oxide de cuivre reste pur.

Procédé de Saussure.

242. Le procédé de Saussure est en principe celui de Lavoisier; l'auteur mêlait la substance organique avec cinquante fois son poids de sable pur et préalablement calciné ; il introduisait une quantité déterminée de ce mélange, contenant environ 5 à 6 centigrammes de la matière à analyser, dans un tube de verre ayant 6 pouces de longueur et un pouce de diamètre, fermé à la lampe par un bout, courbé au milieu à angle droit, et terminé à l'extrémité ouverte, par un robinet exécuté avec le plus grand soin. Il adaptait ce robinet à celui du récipient de la machine pneumatique, faisait le vide dans l'appareil, le remplissait de gaz oxigène, faisait le vide une seconde fois, et le remplissait d'une nouvelle quantité de gaz oxigène, pour en chasser entièrement l'air atmosphérique et le remplacer par ce dernier gaz; il tournait alors le robinet de l'appareil ; de la sorte la substance organique ne se trouvait en contact avec d'autre corps comburant qu'avec l'oxigène. Il avait soin, avant de tourner le robinet, de noter l'état du baromètre et du thermomètre. Il chauffait ensuite la poudre suffisamment étendue sur la paroi du tube, en y promenant de point en point la flamme d'une lampe à esprit-de-vin; l'oxigène brûlant la matière, c'est-à-dire se combinant avec elle, se condensait, au lieu de se dilater par la chaleur, et l'on n'avait pas à craindre l'explosion du tube. L'opération terminée, on lais-

sait refroidir le tube, on l'ouvrait sous le mercure, on déterminait le volume du gaz qui s'y trouvait contenu, et on le déposait sous un récipient pour l'analyse ultérieure : on rinçait le tube avec 30 grammes d'eau pure, que l'on distillait sur la chaux vive, pour savoir si elle contenait de l'ammoniaque; et on évaluait la quantité d'eau, par la différence du poids des gaz desséchés sur le chlorure, avec le poids de la substance avant l'analyse; le volume d'oxigène employé comme corps comburant étant connu, il était facile de déduire les rapports des éléments, qui rentraient dans la composition de la substance organique.

243. Prout avait d'abord adopté, comme corps comburant, l'oxide de cuivre; il se servait, pour chauffer, de la lampe d'Argant, dans le canal intérieur de laquelle il conduisait le tube de verre rempli de la substance organique. Dans la suite, il combina cette méthode avec celle de Saussure, en ce sens qu'il chercha à faire passer les produits de la combustion, par une série de tubes remplis d'oxigène, qui se trouvaient chauffés également. Cet appareil compliqué et dispendieux n'a point été adopté; il n'est pas à la portée de toutes les bourses, et son emploi exige beaucoup trop de temps.

244. De modifications en modifications, les chimistes se sont arrêtés au procédé de Liebig.

Procédé de Liebig (pl. 2, fig. 3).

245. Le principe sur lequel repose le procédé de Liebig, qui n'est qu'une modification du second procédé de Gay-Lussac (240), est d'absorber au passage les produits principaux de la combustion, l'eau par le chlorure de chaux, l'acide carbonique par une dissolution concentrée de potasse, et de recueillir à l'état gazeux l'azote, lorsqu'il s'en dégage. La différence entre le poids du chlorure plus celui de la potasse, avant l'expérience, et entre le poids des mêmes substances après la combustion, donne le poids de l'eau et

celui de l'acide carbonique produit par la décomposition de la substance organique ; on déduit le poids de l'azote de son volume ; on connaît la quantité de gaz oxigène dégagé, par la pesée du tube à combustion avant et après.

246. La substance organique mêlée à l'oxide de cuivre en proportions déterminées, est introduite dans le tube de verre (*tu*), fermé et tiré en pointe à la lampe par une de ses extrémités (*a*). Le mélange doit occuper un espace de 5 à 6 centim. ; l'on achève de remplir le reste de la capacité du tube, jusqu'à environ 3 centim. de l'ouverture, avec de l'oxide mélangé de tournure. Ce tube est en verre vert, long de 40 à 50 centim., et ayant de 10 à 12 millimètres de diamètre. L'extrémité ouverte du tube reçoit, par un bouchon, un tube qui s'enfle à son milieu en deux boules remplies de fragments de chlorures de chaux, et qui communique, au moyen d'un tube de caoutchouc, avec un autre tube (*po*), lequel se coude au milieu en un triangle enflé en cinq boules, dont les trois inférieures sont remplies d'une dissolution de potasse caustique à 40° Baumé. Cet appareil vient se joindre, au moyen d'un tube en caoutchouc, au tube coudé (*tu'*), qui sert à introduire, sous le mercure (*cp*), l'azote qui serait dans le cas de se dégager. Le tube à combustion (*tu*) est soutenu par une grille en fil de fer munie de 8 ou 10 arceaux, sur un fourneau (*f*), qui ne diffère pas de celui dont se servent les repasseuses pour chauffer leurs fers. On place un écran en laiton (*e*) vers l'extrémité ouverte du tube, afin de préserver le bouchon de l'action de la chaleur, et de ne pas nuire à la condensation complète des vapeurs aqueuses dans les boules à chlorure de chaux (*ch*).

247. Le tout étant ainsi disposé, il en résulte que la substance organique brûlée par l'oxigène dégagé de l'oxide du cuivre, se transforme 1° en eau, que le tube à chlorure (*ch*) absorbe au passage, 2° en acide carbonique qui traverse impunément le chlorure, mais va se combiner avec la potasse, en traversant successivement la dissolution alcaline des trois

boules (*po*), les deux supérieurs servant de tube de sûreté (218) aux quantités de liquide alcalin que le gaz serait dans le cas de soulever. Quant à l'azote, s'il existe, il va se rendre sous le mercure (211). Le petit support (*s'*) sert à soutenir horizontalement et à la hauteur voulue, le tube à chlorure; et aux grands supports (*s*) se suspend l'appareil fragile des cinq boules à potasse; les vis de pression (*v*) de chacun de ces supports servent à élever ou à abaisser les points d'appui à la hauteur voulue.

248. Ce procédé, d'une exécution si peu compliquée, ne laisse pas que de demander des précautions délicates dans la manipulation. L'attention doit se porter principalement sur les moyens d'employer l'oxide de cuivre parfaitement sec, et de rendre complète l'absorption de l'eau et de l'acide carbonique.

249. On a soin de mêler, à l'oxide de cuivre, de la tournure du même métal grillée, afin de diviser la poudre et d'ouvrir un passage libre aux vapeurs et au gaz qui se dégagent. Au moyen d'une petite pompe à air (pl. 2, fig. 4, *pm*.), on peut facilement dépouiller l'oxide de cuivre de toute l'humidité, dont il s'imprègne avec tant d'avidité, au contact de l'air. Cette pompe (*pm*) est munie d'un robinet à sa base, et communique avec un tube muni également d'un robinet (*ro*, *ro'*) à chacune de ses extrémités. Ce tube horizontal communique, au moyen de tout autant de tubes en caoutchouc, d'un côté avec un tube horizontal (*ch*), ouvert à ses deux extrémités, et rempli, dans son renflement, de chlorure de chaux; et avec un tube vertical (*tu'*) qui plonge dans le mercure (*m*); de l'autre avec le tube (*tu*) rempli par le mélange d'oxide et de la substance à analyser. Celui-ci plonge dans un bain-marie (*b*), au moyen d'un long cylindre en fer-blanc qui vient s'appuyer sur la grille (*gr*) du fourneau (*f*). L'extrémité effilée du tube à combustion (*tu*) s'implante dans un bouchon (*bo*) qui le maintient fixe. Tout étant ainsi disposé, on chauffe le bain-marie (*b*); on ferme le robinet (*ro''*), tous les autres

étant ouverts ; on fait le vide dans l'appareil au moyen de la pompe (*pm*) ; on marque avec un curseur la hauteur à laquelle le mercure (*m*) s'élève dans le tube vertical (*tu'*) ; on ferme le robinet (*ro*), et si le mercure se maintient à cette hauteur pendant quelques instants, c'est une preuve que l'appareil ne fuit pas, et que l'opération se trouvera de la sorte à l'abri de l'air extérieur, qui pourrait s'introduire, sans s'être dépouillé de son humidité hygrométrique. Cela reconnu, on ouvre les trois robinets du tube horizontal, pour laisser entrer l'air par le tube à chlorure (*ch*), où il se dessèche en passant. On recommence ensuite à faire le vide, et on recommence 12 à 15 fois ; on est sûr alors d'avoir enlevé toute l'humidité du tube à combustion. On se hâte enfin de placer celui-ci (*tu*) sur le fourneau (fig. 3), et de l'adapter au reste de l'appareil. On décompose la substance organique, en chauffant d'abord du côté de l'extrémité ouverte, et s'avançant peu à peu vers l'extrémité fermée. Dès que le tube de verre est porté au rouge vif vers son ouverture, on pousse deux ou trois charbons vers son extrémité effilée, afin que les vapeurs ne viennent pas se condenser sur ce point. Que si le dégagement de gaz acide carbonique se faisait avec trop de rapidité, on s'empresserait de diminuer la chaleur, en enlevant quelques charbons ; sans cette précaution, le gaz passerait à travers la solution de potasse, sans se combiner avec elle, en la projetant dans les boules vides du tube (*po*).

250. La combustion une fois complétement opérée (ce que l'on reconnaît à l'absence des gouttes oléagineuses ou des vapeurs empyreumatiques qui ne manquent pas de se montrer dans les parties froides de l'appareil, toutes les fois que la substance organique n'a été qu'imparfaitement brûlée), on passe à la détermination des proportions des produits obtenus. On casse l'extrémité effilée à la lampe (α) du tube à combustion (fig. 3), on y adapte un tube rempli de fragments de chlorure de chaux ; on aspire l'air par l'extrémité du tube à potasse (*po*) ; de cette manière on attire la quantité d'eau

et d'acide carbonique qui pourrait se trouver dans l'appareil, vers le chlorure et la potasse qui les absorbent. Tout se réduit alors à des pesées. L'excès de poids de la solution de potasse (*po*) donne le poids de l'acide carbonique, l'excès de poids du chlorure de chaux donne le poids de l'eau. Cette quantité d'eau et d'acide carbonique ne saurait être que le produit de la combustion de la substance organique par l'oxigène du corps comburant; elle doit donc se trouver supérieure en poids à la quantité de substance brûlée; en soustrayant donc le poids de la substance brûlée du poids de ses produits, on obtient le poids de l'oxigène qui lui est étranger, que l'on défalque de la quantité d'oxigène qui se trouve combinée avec l'hydrogène dans l'eau, et avec le carbone dans l'acide carbonique. Le carbone, l'hydrogène et l'oxigène restant, appartiennent exclusivement à la substance analysée.

251. Soit, par exemple, un gramme de substance organique à analyser; si j'en obtiens quatre décigrammes d'acide carbonique et sept décigrammes d'eau = un gramme et un décigramme, il est évident que le décigramme en sus représentera l'oxigène fourni par la désoxidation de l'oxide de cuivre, quantité que l'on devra défalquer.

252. Lorsqu'il s'agit de l'analyse des substances azotées, quelques chimistes font une double opération, l'une pour le dosage de l'acide carbonique et de l'eau, qui est celle que nous venons de décrire, et l'autre pour le dosage de l'azote, qui ne diffère de la précédente qu'en ce que l'extrémité fermée du tube à combustion reçoit dix à vingt grammes de carbonate de plomb sec et bien pur. Lorsque la combustion paraît entièrement terminée, on ajoute peu à peu quelques charbons sous le carbonate de plomb, pour que l'acide carbonique qui se dégage chasse tout l'azote sous le récipient. Mais nous ne sachions pas que les analyses des substances azotées opérées ainsi en deux fois aient offert, dans leurs résultats,

ne plus grande précision que les analyses faites de la manière précédente, c'est-à-dire, par une seule et même combustion.

RÉFLEXIONS CRITIQUES SUR LES INDUCTIONS QUE LE CHIMISTE EST DANS LE CAS DE TIRER DE L'ANALYSE ÉLÉMENTAIRE.

253. Ce fut une découverte d'une portée immense, que de constater directement que la substance organique se décompose, sous l'influence de la chaleur, en deux, trois ou quatre gaz : carbone devenu gazeux par son union avec un des trois autres, oxigène, hydrogène, et azote; elle est marquée du nom de Lavoisier. Ce fut une belle application de la découverte, que de parvenir à trouver une méthode qui permît d'évaluer, en poids et en volume, les rapports de ces gaz entre eux, après la combustion complète d'une substance organique donnée : ce genre de mérite revient de droit à Gay-Lussac.

254. Le perfectionnement apporté à sa méthode est un résultat pratique, dont les observateurs ont eu à se féliciter.

255. Mais nous ne saurions le dissimuler, si d'un côté la science avait fait un grand pas, par le succès du procédé opératoire, elle n'a progressé qu'en sens inverse, par suite de la synthèse théorique, par suite de l'interprétation des résultats, c'est-à-dire alors que l'esprit a cherché à replacer par la pensée les produits gazeux dans leur premier état de combinaison, et à recomposer d'imagination la substance que la combustion venait de désorganiser. Nous porterons plus loin le reproche, et nous nous croyons en droit d'établir que les procédés d'analyse élémentaire les moins compliqués, ceux qui jouissent de la réputation la mieux méritée, sont encore incapables, non seulement de nous faire évaluer les véritables proportions des éléments qui rentrent dans la composition d'une substance organique, mais encore de nous révéler l'existence d'un certain nombre d'entre eux. Notre reproche

s'appuie non sur des conjectures, mais sur une rigoureuse démonstration, dont nous allons discuter les éléments, de manière à en faire apprécier la valeur même aux personnes qui débuteraient dans l'étude de cette science.

256. 1°. Il est prouvé par l'expérience que deux auteurs ne sauraient se rencontrer en leurs résultats, dans l'analyse de la même substance organique, alors même qu'ils la décomposeraient par le même procédé; que dis-je? le même auteur ne saurait se rencontrer une seule fois lui-même, sur un assez grand nombre d'analyses consécutives du même corps; et les nombres obtenus, par ces diverses analyses, diffèrent presque toujours dans le second chiffre, souvent dans le premier, et cela par un écart assez considérable. L'analyse de l'une offre 49 de carbone, celle de l'autre 50; la première 6 d'hydrogène, l'autre 7. Pelletier et Dumas trouvent que la NARCOTINE est composée de la manière suivante :

Carbone,	oxigène,	hydrogène,	azote,
68,88	18,00	7,21	5,91

Liebig leur répond par une analyse qui a dû être faite avec d'autant plus de précaution que l'auteur avait à réfuter la première. Ces deux analyses de la même substance ont l'air d'être les analyses de deux substances de nom différent. Liebig en effet trouve que la narcotine est composée de :

Carbone,	oxigène,	hydrogène,	azote.
65, 00	26,99	2,51	5,50

En 1832, Pelletier revient sur sa première analyse, il la reprend en sous-œuvre, averti qu'il est par Liebig; et tout ce qu'il *peut faire*, pour tomber d'accord avec celui-ci, c'est de trouver que la narcotine se compose de :

Carbone,	oxigène,	hydrogène,	azote.
65,17	25,07	5,31	4,33

Et il reste encore, dans l'hydrogène des deux analyses, l'énorme différence de 2,80.

257. Or quand le procédé analytique est dans le cas de

fournir de semblables écarts dans les premiers chiffres des nombres entiers, on ne sait trop expliquer pourquoi les chimistes tiennent tant au luxe des décimales, que la plupart d'entre eux portent jusqu'à trois. Nous conseillons à nos lecteurs de négliger absolument ces fractions, dans les calculs auxquels ils auront à se livrer; et il est fort probable que nous prendrons le parti, dans l'intérêt des élèves, de les supprimer entièrement en transcrivant les analyses des auteurs; le moindre inconvénient de cette superfluité est de fatiguer la vue et de rendre les rapports moins saillants.

258. 2° La présence ou l'absence de l'azote est un fait des plus essentiels à constater; or il est constant que les analyses des maîtres les plus habiles n'en ont pas même révélé des traces, dans une substance qui en renferme des quantités appréciables aux réactifs, je veux parler de la gomme arabique et de la gomme adragante. D'après les analystes, ces deux substances ne sont composées que de carbone, d'hydrogène et d'oxigène, tandis que la fumée de ces diverses gommes ramène au bleu un papier tournesol rougi par les acides, et qu'à la distillation on en recueille de l'ammoniaque en assez grande proportion, pour en obtenir des sels par sa combinaison avec un acide. Or Saussure est le seul qui, ainsi que dans toutes les substances soumises à son procédé analytique (242), ait constaté une faible proportion d'azote dans la gomme arabique.

259. 3° Lorsque le chimiste a constaté la présence et les proportions de l'azote au nombre des produits de la combustion analytique, il a considéré ce gaz comme le quatrième élément de la substance analysée, comme entrant dans la composition de la molécule organique, au même titre que les trois autres. Les substances non azotées étant toujours à ses yeux des combinaisons ternaires de carbone, d'hydrogène et d'oxigène, les substances azotées, par la force du même rai-

sonnement, sont devenues des combinaisons quaternaires de carbone, d'hydrogène, d'oxigène et d'azote; et nous ne voyons pas trop ce que cette induction aurait tant à reprocher à celle des savants d'une école académique, qui ont admis comme des combinaisons quinaires et même sénaires, celles où les quatre premiers produits se trouvent mêlés au soufre ou au phosphore.

260. Il n'est venu dans l'esprit de personne de se demander, si l'azote obtenu isolément ne résulterait pas de la décomposition d'un sel ammoniacal, avec lequel la substance organique aurait pu se trouver mélangée, associée ou combinée. Chacun sait pourtant que l'ammoniaque se décompose en hydrogène d'un côté, et en azote de l'autre, à la chaleur rouge, par le contact de certains métaux, de certaines substances, et surtout du charbon. Donc, s'il existe un sel ammoniacal dans la substance soumise à l'analyse, il est évident que par l'effet de la combustion, son hydrogène ira grossir, en se combinant avec l'oxigène du corps comburant, la quantité d'eau produite par la combustion de l'hydrogène de la substance organique elle-même, et que l'azote apparaîtra isolément. Or, dans la plupart des substances dites quaternaires ou azotées, l'albumine, par exemple, il est facile, avant leur analyse, et dans leur état d'intégrité, de constater la présence de sels amoniacaux; il suffit d'en délayer une certaine quantité sur le porte-objet du microscope, pour obtenir de magnifiques arborisations d'hydrochlorate d'ammoniaque, dont on peut faire l'analyse aux moyens des réactifs ordinaires; et combien d'autres sels ammoniacaux existent d'une manière moins apparente dans un mélange organisé?

261. A ce compte nous avons porté depuis long-temps le défi aux chimistes analystes, et nous le soutenons encore, de reconnaître l'origine des substances naturellement les moins azotées, que nous aurions eu soin de mélanger à leur insu avec des sels ammoniacaux à acide végétal. Nous sommes convaincus qu'ils n'auraient pas manqué de transporter, sur la liste

des substances azotées, le mucilage et les gommes imprégnées de pareils sels en une certaine proportion, surtout alors que nous aurions acidifié le mélange avec un acide énergique, dans le but de saturer la potasse, que l'on aurait pu employer, pour opérer le dégagement de l'ammoniaque (*). Or ce que nous aurions tenté dans ce défi, la nature le réalise tous les jours dans les analyses ordinaires, et le catalogue des substances organiques compte plus d'un de ces corps trompeurs, que la nouvelle méthode ne tardera pas à faire disparaître.

262. 4° Il ne faudrait pas penser que tout se passe, dans une analyse, exactement comme l'indique la théorie; et quoique nous ayons établi que l'ammoniaque préexistante ou toute formée pendant l'opération se décompose au contact des charbons incandescents, il n'en est pas moins vrai qu'il peut s'en échapper, en tout état d'intégrité, des quantités assez considérables, pour alcaliser l'eau recueillie, d'une manière sensible aux réactifs.

Mais si la substance organique renferme un sel ammoniacal neutre et volatil, au lieu d'un sel à acide fixe, on ne saurait nier que ce sel puisse aussi bien échapper à l'action de la combustion, que le fait l'ammoniaque même. Or comme ce sel passera neutre, et que dans les analyses on se contente d'examiner si l'eau est alcaline, il est évident que l'eau recueillie dans le récipient (238) pourra en être saturée à l'insu de l'observateur. On attribuera donc à l'eau le poids du sel qui la sature, et d'un autre côté, il manquera à l'azote et à l'acide carbonique, des quantités respectives que l'eau leur a enlevées au passage. Que dis-je? une substance fortement azotée pourra,

(*) La potasse caustique a la propriété de désorganiser à son profit les tissus organiques, et de se carbonater aux dépens de leur carbone; lors donc que la substance attaquée sera un tissu organisé, il pourra se faire que la potasse soit saturée aux dépens des couches externes du tissu, avant d'arriver jusqu'à la région occupée par le sel, dont on désire éliminer l'ammoniaque au moyen de la potasse.

à cause de cette seule circonstance, être rangée, par l'analyste, au rang des substances les plus dépourvues d'azote que nous connaissions.

263. 5° Les substances organiques sont toujours mélangées ou combinées avec des sels, dont la quantité s'élève jusqu'au tiers de leur poids dans certaines d'entre elles. Par l'incinération de la gomme arabique, on obtient les deux tiers de carbonate de chaux, dont l'acide carbonique s'est formé par la combustion, aux dépens des éléments organiques de la gomme; nous avons déjà fait mention plus haut (258) des sels ammoniacaux, dont la gomme est imprégnée, et que l'analyse élémentaire a méconnus. Quant aux autres, ils sont en général perdus de vue par l'analyste, ils passent sur le compte de la substance organisée; et, comme ils restent dans le tube à combustion après l'analyse, et qu'on ne les fait point entrer dans les calculs des nouvelles pesées, il s'ensuit que leur poids est reporté sur l'oxigène dégagé du corps comburant. Car pour savoir combien le corps comburant a fourni d'oxigène aux produits de la combustion, on compare le poids des produits avec le poids de la substance organique avant l'expérience; l'excès du premier sur le second est attribué à l'oxigène dégagé par le corps comburant; or le poids des produits devant être celui de la substance organique, moins les sels qui sont restés dans le tube et que l'on néglige, et ce déficit étant attribué à l'oxigène du corps comburant, il est évident que l'on défalquera, de la quantité d'oxigène qui appartient en propre à la substance organique, une quantité d'autant plus erronée que les cendres négligées seront plus abondantes.

264. 6° Les sels, dont la substance à analyser se trouve imprégnée avant l'expérience, sont dans le cas d'altérer les résultats du calcul, tout autant par la nature de leurs combinaisons, que par la négligence de leur propre poids. Supposons, en effet, que la base fixe soit combinée avec un acide orga-

nique ou avec un acide inorganique volatil, que ce sel soit enfin ou un acétate, ou un tartrate, ou un oxalate, ou même un nitrate, un hydrochlorate, etc. Dans le premier cas, les produits de la combustion de l'acide organique iront grossir les quantités respectives des produits de la substance organisée elle-même; souvent, dès les premières atteintes de la chaleur, l'acide organique sera éliminé dans toute son intégrité, en même temps que la combustion tendra à combiner le carbone avec l'oxigène du corps comburant en acide carbonique; et la potasse dont on se servira, après la combustion, pour obtenir le poids de celui-ci, les absorbera l'un et l'autre à l'insu de l'observateur, qui attribuera ainsi le poids des deux acides réunis au seul acide carbonique. L'erreur sera la même si les sels de la substance organique sont des nitrates, des hydrochlorates et des sulfates même, décomposables par le feu; les acides nitreux, sulfureux, hydrochlorique, iront grossir au passage le poids apparent du gaz acide carbonique, en s'associant avec la même base. Il en sera de même des sels ammoniacaux, dont le feu aura augmenté les proportions d'acide, en décomposant les proportions correspondantes de base; ces sels iront former des doubles sels avec la potasse et l'acide carbonique éliminé par la combustion; car on sait que les sels ammoniacaux ont une tendance prononcée à former des sels doubles, dont la plupart n'ont pas encore été soumis à un examen approfondi.

265. 7° Dans les procédés de Berzélius et de Gay-Lussac, on s'assure si l'eau est alcaline; dans ceux de Liebig on doit renoncer à ce caractère, l'eau étant immédiatement absorbée par le chlorure de chaux; or le chlorure de chaux absorbe l'eau ammoniacale aussi bien que l'eau pure, sans en dégager l'ammoniaque, pourvu que la dose de cet alcali ne soit pas en excès. Cette quantité d'ammoniaque passera donc sur le compte du produit aqueux, lorsqu'on s'appliquera à établir les proportions de l'eau et de l'acide carbonique.

266. 8° Enfin (et c'est ici un point capital par rapport à la distinction des substances azotées et non azotées), d'après les expériences de Despretz, on sait que le cuivre, ainsi que le fer, l'argent, le platine et l'or, ont la propriété de décomposer le gaz ammoniaque à une chaleur un peu plus élevée que le rouge-cerise, et qu'ils absorbent une quantité assez notable d'azote, pour en devenir cassants au moindre effort, et pour changer même de couleur. 100 de fer augmentent en poids de 11,538, et, en volume, de telle sorte que le fer perd totalement sa primitive densité. Or le tube à combustion est rempli, dans toute la portion que n'occupe pas l'oxide de cuivre, de cuivre métallique en fil et en limaille; si donc la nature ne dérange pas ses lois en faveur des théories analytiques, il faut qu'une grande quantité de l'azote des produits ammoniacaux de la combustion soit en général absorbée par le cuivre, et que dans certains cas toute la quantité même de l'azote de la substance organique disparaisse pour se combiner avec le métal. Dans le premier cas la proportion d'azote sera diminuée; dans le second, la substance organique sera rangée au nombre des substances entièrement dépourvues d'azote.

267. Il doit donc paraître indubitable qu'aucune de nos analyses, même celles qui se font remarquer par un luxe et un raffinement d'exactitude, ne saurait être considérée comme l'expression réelle et la formule de la composition intime d'un corps organique quelconque; il ne doit pas le paraître moins que le plus grand nombre d'entre les plus exactes nous induisent en erreur, non seulement relativement aux proportions des éléments, mais encore relativement à la présence ou à l'absence de l'un d'entre eux, de l'azote spécialement. Que les analyses élémentaires soient donc à nos yeux de précieux enseignements; mais ne leur donnons pas une importance d'une plus grande portée, et cherchons ailleurs l'explication de la désespérante homogénéité de com-

position que nous présentent, à ce creuset, des substances; qui à leur état d'intégrité jouissent de propriétés si diverses, telles que le sucre, la gomme arabique, le ligneux et l'amidon.

268. Les principes que nous venons de formuler expliquent très bien la raison pour laquelle Saussure (242) a constaté des quantités appréciables d'azote, là où les autres analystes n'en ont pas même aperçu des traces. Le procédé de Saussure ne mettait la substance en contact qu'avec l'oxigène; tandis que par les autres la substance à analyser est mêlée avec des corps capables d'absorber au passage, en totalité ou en partie, les produits de la combustion. Cependant il ne faudrait pas en conclure que le procédé de Saussure amène à des résultats plus conformes à la vraie composition des corps; car les produits, qui s'étaient mieux isolés par le procédé de la combustion, viennent de nouveau se confondre par les procédés de l'évaluation et de la pesée; et la plupart d'entre eux sont dans le cas de disparaître entièrement sous le masque de l'acide carbonique ou de l'eau. Si en effet il s'est formé une certaine quantité d'acide nitrique, il est certain que cet acide se mêlant par sa grande volatilité avec l'acide carbonique, augmentera, sous le nom de ce dernier, le poids de la potasse avec laquelle on l'absorbe, et que les sels neutres ammoniacaux augmenteront à leur tour le poids de l'eau qu'on absorbe par le chlorure, ou qu'on chercherait à peser directement.

269. Au procédé de Liebig (245) reste donc l'avantage d'être plus expéditif; mais c'est là le seul avantage par lequel il l'emporte sur les autres. Si d'un côté il est à la portée des observateurs les plus inhabiles, il est certain de l'autre qu'entre les mains des plus habiles il ne saurait donner des résultats plus précis. Aussi avons-nous vu les analyses se multiplier, comme des répétitions les unes des autres, depuis sa publication; et cette uniformité dans les résultats, qui a pu paraître d'un heureux augure au plus grand nombre, n'a été à nos yeux qu'un pas rétrograde dans la théorie, par le ca-

ractère apparent de fixité qu'ont pris les faits observés. Le procédé de Liebig, qui est le plus facile, en attend un autre qui soit le plus complet.

270. On se rapprochera d'autant plus du degré de perfection dont il nous est permis de nous flatter, qu'on négligera moins et l'étude des sels de la substance organique, et l'étude des combinaisons des produits avec la substance comburante, et l'étude des mélanges, qui sont en état de masquer, aux yeux de l'observateur, la nature des produits gazeux et liquides de la combustion élémentaire.

CHAPITRE VIII.

DÉMONSTRATION OU SYNTHÈSE.

271. La synthèse réelle consisterait à replacer les produits, isolés par l'analyse, dans les mêmes conditions où ils se trouvaient avant toute manipulation; à mêler, associer, combiner les éléments séparément obtenus, aussi intimement et dans les mêmes rapports que l'avait fait la nature : rapports de nombre, de poids, de volume, de structure et d'aspect. Mais ce serait là créer; et jusqu'à présent, en chimie organique, notre puissance s'est bornée presque à observer. La seule synthèse qui soit en général à notre disposition, se réduit à comprendre et à démontrer les conditions d'une combinaison, mais sans avoir la faculté de la reproduire de toutes pièces. S'il nous arrive de former des sels avec des acides et des bases, des acides avec des gaz et des corps solides, jusqu'à présent il nous a été impossible de refaire un organe, que dis-je ? une substance organique, avec la même quantité de gaz et de sels que nous en avons retirés, par la combustion.

272. En chimie organique la synthèse s'arrête donc à l'in-

rprétation des phénomènes; après avoir parlé aux yeux, par analyse directe, elle s'adresse à la perception, pour reconruire pièce à pièce la machine, dont elle avait désiré étudier n à un les rouages. Elle ne recombine que par la pensée; lle ne rend la vie qu'à des images; sa fierté la plus noble arrête au privilége de contempler la création face à face, de uivre les traces de feu que la nature laisse sur son passage, e la deviner lorsqu'elle se cache, de la comprendre lorsqu'elle e révèle, de l'admirer alors qu'elle s'élève si haut, qu'il ne ous est plus permis de la deviner ou de la comprendre. Le pectacle de l'intelligence humaine aux prises avec les faits e la création, est ce que la divinité, s'il est permis de la ersonnifier sans rabaisser sa puissance, doit fixer avec le lus d'orgueil, dans le chef-d'œuvre de son immense ouvrage.

275. La synthèse, ce complément des plus longues opérations, ayant pour but de déterminer les rapports des faits, que analyse a mis en évidence, et d'obtenir des formules exactes ar la combinaison raisonnée des précédentes approximations, a synthèse remplace les méthodes d'investigation par les méthodes de précision. Or, comme l'objet spécial de la chimie st de constater le nombre d'éléments qui rentrent dans la tructure d'un corps, et leurs rapports de quantité, la synthèse chimique, dans ce qu'elle a de matériel, doit restreindre es formules à l'indication précise des poids et des volumes les corps, dont l'analyse avait indiqué le nombre, les réactions et les caractères. Elle pèse et elle mesure; l'analogie et l'induction suppléent ensuite aux lacunes de l'opération mécanique, rassemblant de nouveau toutes les pièces éparses de l'édifice, assignant à chaque corps sa place et sa part dans les phénomènes, révélant enfin à la pensée la structure intime des corps qui échappent à notre vue. La synthèse chimique, en un mot, se base sur trois opérations principales, dont deux pour ainsi dire toutes mécaniques, et la troisième intellectuelle : le *jaugeage*, le *pesage*, et l'*induction*.

§ I. JAUGEAGE.

274. Le *jaugeage* est l'opération qui a pour objet de constater le volume d'un gaz, d'un liquide ou d'un corps solide.

275. On entend par *volume* le rapport de l'espace qu'occupe un corps donné, avec l'espace d'un autre corps pris pour unité : un corps qui occupe un espace double de cette unité, a un volume deux fois plus grand, a le double de volume, et le rapport de son volume est représenté par *deux*.

276. On appelle *mesure* tout appareil propre à mettre dans toute son évidence l'exactitude de ces rapports : *mesurer* un corps, c'est reconnaître combien de fois l'unité de convention est comprise dans son volume, sur une de ses surfaces, ou simplement sur l'une de ses dimensions ; en chimie (11), on ne *mesure* des surfaces et des longueurs que pour arriver à constater des volumes.

277. Les corps à mesurer sont susceptibles ou non d'occuper exactement la même capacité que l'unité de mesure ; le procédé de *jaugeage* est différent dans les deux cas.

278. VOLUME DES LIQUIDES ET DES GAZ. Les substances liquides et gazeuses, en vertu de la motilité et de l'équilibre de leurs molécules, ont la propriété d'occuper exactement toutes les formes de capacité. Leur *jaugeage* n'est qu'une substitution de leur quantité à l'unité de mesure ; et si le vase qui sert de mesure est transparent, on n'a besoin, pour constater les rapports, que de lire simplement la graduation écrite sur une des surfaces. C'est le résultat que l'on obtient avec les *éprouvettes* ou les *cloches en verre* (216). Nous avons déjà indiqué les procédés de graduation que l'on emploie pour ces sortes de vases.

279. Le *jaugeage* des liquides non volatils peut se faire dans une *éprouvette à patte* (pl. 1, fig. 12) ; on emploie de préférence les *éprouvettes* qui sont munies d'une rigole (164) à leur

ır. Les *liquides volatils* se mesurent comme *les gaz*, sous ouvettes ou des cloches renversées ; et même lorsque antité ne serait pas assez clairement appréciable dans es de cette capacité, on emploie des longs tubes de radués, d'un faible diamètre, forme qui augmente la ion en longueur de toute la quantité qu'elle enlève à ur, et qui permet de voir des petits volumes sur une considérable.

Un gaz ne doit être mesuré qu'après avoir été dépouillé dité ou de toute autre vapeur ; un liquide ne doit l'être s avoir été purgé de gaz étranger et d'air atmosphé- Mais les liquides ainsi que les gaz doivent être repla- lablement, et par la voie directe, dans les circonstances hériques, dans lesquelles a été prise l'unité de mesure, ı on doit tenir soigneusement compte des différences tion, afin que le calcul ait toutes les données nécessaires tablir la balance exacte, lorsque l'opération directe atteindre l'identité des conditions. En effet, il est re- que les corps augmentent de volume avec l'élévation pérature ; la même quantité d'une substance pourra ffrir deux volumes différents, selon qu'on l'observera températures différentes ; pour avoir donc le chiffre des rapports des volumes, il faudra que l'on mesure tance, à la même température qu'avait été prise la de l'étalon. D'un autre côté, il est encore reconnu pression diminue le volume d'un corps, de même que pérature l'augmente ; or, si la pression atmosphérique variable, le volume respectif de tous les corps soumis ssion atmosphérique serait invariable à son tour ; mais ience démontre le contraire, et nous voyons tous les a colonne de mercure, qui fait équilibre au poids de phère, descendre ou monter, et indiquer partant des ns plus ou moins considérables. Il sera donc encore né- e de tenir compte de cette indication barométrique, ouvoir, par le calcul, ramener la comparaison, de la

quelle on doit déduire les rapports des volumes à une pression constante.

281. Dans toute espèce de jaugeage, on aura donc soin de noter, avec la plus scrupuleuse exactitude, le degré du *thermomètre* et celui du *baromètre*.

282. On ne doit pas négliger les causes étrangères ou inhérentes au procédé lui-même de l'opération, qui seraient dans le cas d'échauffer la substance ou de la comprimer. On évite les unes par des précautions que chacun peut prévoir d'avance, et l'on évalue les autres par le calcul pour en faire la part. On a soin de ne point toucher les cloches avec les mains, de les mettre même à l'abri de son haleine, et de maintenir le local à une température constante.

283. Quant à la pression accidentelle, et qui provient du fait du procédé lui-même, on l'évalue de la manière suivante: ou bien la surface interne du mercure est au-dessous de la surface externe du bain, et dans ce cas le gaz est comprimé d'autant; ou bien la surface du mercure renfermé dans la cloche est au-dessus de la surface du mercure du bain, et dans ce cas le gaz est dilaté. Dans le premier cas, on retire la cloche, jusqu'à ce que le niveau soit parfaitement rétabli entre les deux surfaces du mercure; dans le second, on l'enfonce pour arriver au même résultat. Que si le bain de mercure n'est pas assez profond pour que la cloche puisse s'y enfoncer, jusqu'au point que l'on cherche à atteindre, alors on mesure, aussi exactement que l'on peut, la hauteur dont la surface externe dépasse la surface interne, et on retranche celle-ci de la hauteur de la colonne barométrique. Par exemple, que le baromètre marque 76 centimètres, et que la distance des deux surfaces du mercure du bain dans lequel on observe un gaz soit de 3 centimètres; on saura que la pression sous laquelle le gaz est observé est trop faible de 3 centimètres, que l'on retranchera en conséquence de la pression atmosphérique, laquelle sera ramenée de la sorte à 73 centimètres; c'est-à-dire que le gaz aura été observé à la même

isité qu'il aurait eue, si, lorsque les deux surfaces du bain mercure étaient un niveau, le baromètr[illegible]it marqué 73.

184. L'observation étant terminée, on [illegible]mène le volume celui que la même substance aurait occupé, si on l'avait suré à la température de 4° centigrades, et à la pression barétrique de 76 centimètres.

185. Les gaz se dilatant de 0,00375 de leur volume, à cha- degré de température qu'ils s'élèvent, il s'ensuit que, pour ener le volume obtenu directement, à celui qu'aurait of- la substance à 4° centigrades, il suffit de retrancher, aut de fois $\frac{375}{100000}$ de son volume, que l'on compte de degrés, dessus de 4°, jusqu'à celui de la température à laquelle on erve, ou d'ajouter autant de fois $\frac{375}{100000}$ de son volume, que a compte de degrés au-dessous de 4°, jusqu'à celui de la npérature ambiante. Mais comme le coefficient de la dilaion $\frac{375}{100000}$ n'est pas une fraction du volume observé, mais n du volume qu'il aurait acquis, après s'être refroidi jusà zéro, il est nécessaire de ramener préalablement par le cul son volume à zéro ; on y parvient par une règle de trois idée sur une donnée précise. Biggs a indiqué la méthode vante : 266,7 volumes d'air à zéro augmentent d'un volume chaque degré du thermomètre ; or supposons qu'on ait à nener, à la température de 20°, 150 centimètres cubes de z qui ont été mesurés à 8° ; si on ajoute 20° à 266,7, on ra 286,7 exprimant le volume de l'air à 20° ; si on ajoute à 266,7, on aura 274,7, qui exprimera le volume de l'air à ; on établira de cette manière la proportion suivante : 74,7 : 286,7 :: 150 : 156,553 ; c'est-à-dire le volume de air à 8° est au volume de l'air à 20°, comme le volume du az observé à 8°, et qui à cette température était de 150 cen-

(*) L'eau distillée, dont le système métrique s'est servi, pour établir unité de poids, atteignant sa plus grande densité vers 4° centigrades, c'est à cette température que doit être ramené le volume de toutes les substances, dont on se propose de connaître la densité, c'est-à-dire le rapport exact du poids au volume.

timètres cubes, est au volume que ce même gaz occuperait à 20°, c'est-à-dire, est de 156 centimètres 553.

286. La réduction relative à la pression barométrique s'obtient, par la différence qui existe entre la hauteur à laquelle a été faite l'observation, et celle à laquelle on veut ramener le volume; car la pression exercée par le poids de l'atmosphère sur le gaz à observer, est proportionnelle à la pression exercée sur la colonne du mercure. Le volume du gaz observé sera donc, au volume du gaz cherché, comme la hauteur barométrique observée sera à la hauteur cherchée. Un volume de 20 centimètres cubes de gaz mesurés à $0^{m},765$ du baromètre, sera ramené au volume que le gaz occuperait à $0^{m},76$, par la proportion suivante : $0^{m},765$: $0^{m},76$: : 20 : 19,86; c'est-à-dire qu'à la pression de $0^{m},76$, le volume ci-dessus serait réduit à 19,86 centimètres cubes.

287. VOLUME DES CORPS SOLIDES. Les corps solides affectant des formes invariables, ou peu susceptibles de se mouler exactement, et sans lacune, dans la capacité de la mesure, on détermine leur volume par la quantité de liquide qu'ils déplacent, quantité susceptible d'être mesurée par les procédés précédents. Soit, par exemple, une *éprouvette à patte*, et graduée en 100° (216), remplie de liquide jusqu'à 80°; si, après que l'on y a plongé un corps solide, le niveau du liquide arrive à 100°, il est évident que le volume du corps solide, c'est-à-dire l'espace qu'il occupe, égale le volume que représentent 20° de la mesure de capacité employée. Si chacun de ces degrés marque un centimètre cube, et que le liquide employé soit de l'eau distillée ramenée à 4° centigrades du thermomètre, le volume du corps solide sera donc de deux litres.

288. Moins le corps solide est poreux, et plus le résultat offre d'exactitude; quant aux corps poreux, on a la précaution de chasser, de leurs pores, l'air qui serait dans le cas de s'opposer à l'introduction du liquide, et on y parvient,

oit en agitant le liquide dans lequel on plonge le corps, soit n soumettant le corps poreux à l'influence d'une chaleur conenable, avant de le plonger dans le liquide.

289. Une condition essentielle à observer dans cette opération, c'est de n'employer d'autre espèce de liquides que eux, dans lesquels le corps ne saurait se dissoudre, même n faible quantité; car le corps y laisserait une partie de son olume, et ne serait plus de la même dimension, en sortant. n se sert du mercure ou de l'alcool pour les corps solubles ans l'eau; de l'eau pour les corps solubles dans le mercure; e l'alcool et de l'éther pour les corps solubles dans l'eau, le l'huile ordinaire pour certaines substances; de l'huile de étrole pour les corps susceptibles de s'oxygéner spontanément, aux dépens de l'oxigène qui forme un des éléments du iquide.

290. L'unité de mesure peut impunément être arbitraire, orsque l'observateur n'a en vue que de constater les rapports n volume des éléments d'une même substance entre eux; c'est-dire toutes les fois qu'il ne les considère que comme des ractions d'une masse donnée; mais lorsque le but de l'observation est de fournir et les rapports de composition du corps bservé avec un corps analogue, et les bases sur lesquelles ne observation ultérieure puisse asseoir une comparaison, l devient nécessaire d'adopter une mesure commune et légale. Le système métrique français, paraît devoir être un jour la mesure commune de la science; il ne reste plus que deux nations où les savants, encore tourmentés par les vieilleries d'une mesquine nationalité, se refusent à employer ce mode de numération; les Français ont le bon sens de se montrer moins difficiles, sur l'adoption des réformes et des améliorations qui nous viennent de l'étranger.

291. Les mesures légales de capacité en France sont les cubes des mesures linéaires : le kilolitre est le cube du mètre, le litre est le cube du décimètre. L'hectolitre est la somme de cent litres; le décalitre, celle de dix litres. Le décilitre

est le dixième d'un litre; le centilitre, le centième du litre; et le millilitre le cube du centimètre.

292. Le litre français équivaut à 50,4124 pouces cubes, et à une pinte francaise, 07; — à 38,2089164 ponces décimètres cubes de Suède; — à 0,22009 667 du gallon anglais. La pinte française contenait 2 chopines, la chopine 4 poissons, 8 pintes formaient un septier, 36 septiers un muid. Le gallon anglais contient 10 livres (avoirdupoids) d'eau distillée, il équivaut à 8 pintes anglaises, c'est-à-dire 277,2738435 cubes anglais. La pinte anglaise contient 16 fluid-once; celle-ci 8 fluid-drachme, et celle-ci est le cube de 0,2708 pouces anglais; or, le pouce anglais équivaut à $0^m,0253668$, ou 25 millimètres français, 3968 (*).

§ II. PESAGE.

293. Le PESAGE (**), ou la PESÉE, a pour but de déterminer le poids d'un corps, indépendamment de son volume, ou le rapport de son volume et de son poids, rapport qui, comparé à celui de l'eau, ou de l'air, prise comme unité, est désigné sous le nom de PESANTEUR SPÉCIFIQUE OU DENSITÉ. La *densité* d'un gaz, d'un liquide ou d'un solide, est donc le poids d'un de ces corps comparé à celui de l'eau distillée, ou de l'air, sous un volume identique.

294. La théorie atomistique a imaginé un autre poids, qui est le poids de l'atome d'une substance quelconque. Ce poids se déduirait de la densité des corps observés, ou ramenés par des considérations hypothétiques, à l'état gazeux. Un des gaz étant pris pour unité, la théorie cherche à donner le poids de tous les autres sous le même volume. Or, en supposant que le même volume renferme le même nombre d'atomes, il serait évident que les rapports de densité des volumes se-

(*) Voyez la *Métrologie ancienne et moderne* de Saigey, 1 vol. in-8°.

(**) Nous avons employé le mot PESAGE, au lieu de PESÉE, comme pendant de JAUGEAGE (274) le seul mot de la langue qui exprime l'opération, par laquelle on cherche à constater des volumes.

aient les mêmes que les rapports de densité des atomes, c'est-à-dire, que le poids de l'atome d'une substance serait, par rapport au poids de l'atome d'une autre substance, exactement, comme le poids d'un volume de la première serait par rapport au poids d'un égal volume de la seconde. Nous n'avons pas à nous occuper, dans ce chapitre, de ce genre de densité; c'est un point que nous traiterons plus bas d'une manière plus spéciale.

295. La pesanteur est une propriété inhérente à tous les corps, excepté aux fluides que l'on désigne sous le nom de fluides impondérables; l'air atmosphérique a le poids d'une colonne d'eau de même base, et de 32 pieds d'élévation, et celui d'une colonne de mercure de même base et de 76 centimètres de hauteur. Tous les corps gazeux comme les corps solides sont pesants, mais ils ne le sont pas tous également. La différence relative de la pesanteur se nomme leur poids; il est exprimé par la quantité d'un autre corps pris comme unité commune, à laquelle il peut faire équilibre, lorsque chacune d'elles est attachée à une des extrémités du même levier; ce levier est une balance réduite à sa plus simple expression; et l'on donne le nom de *poids*, sans autre qualification, au corps qui sert de terme de comparaison et d'unité légale. Le *poids d'un corps* est donc le rapport de sa pesanteur avec le *poids* légal; la quantité en *poids* est celle qui fait *contre-poids* à un certain nombre d'unités ou de fractions du *poids légal*; de même que sa quantité en volume (287) est représentée par le cube du mètre ou de ses fractions.

296. L'unité légale du poids, en France, est le gramme, c'est-à-dire le poids d'une substance quelconque, équivalant à celui d'un centimètre cube (millilitre) d'eau distillée à + 4° centigrade. Le décagramme est la somme de dix grammes; l'hectogramme, celle de cent grammes; le kilogramme celle de mille grammes, ce qui représente près de deux livres de l'ancien poids français. Les fractions du gramme sont le décigramme, ou dixième de gramme; le centigramme ou cen-

tième de gramme ; et le milligramme ou millième de gramme.

297. Il n'entre point dans le cadre de cet ouvrage de donner une description détaillée de la balance à fléau, dont chacun connaît la forme générale. Les balances de laboratoire sont sensibles à un poids d'un milligramme ; la dimension n'en est pas considérable, vu qu'avec une si grande sensibilité on peut peser exactement les quantités les plus minimes de substances. On les place dans des cages de verre, pour les préserver des émanations et de l'humidité du laboratoire, qui ne manqueraient pas à la longue d'altérer leur sensibilité. Ces cages sont munies d'une ouverture à coulisse, qui permet de faire les pesées, sans déplacer l'appareil. Le prix d'une de ces balances de petite dimension est rarement au-dessous de 250 fr., non compris la boîte de poids, qui est de 60 francs et plus.

298. En chimie organique, de tels instruments ne sont indispensables que dans les analyses élémentaires (224). Nous pensons même qu'avec une certaine habitude et une certaine dose de patience, l'emploi d'un simple *trébuchet* n'introduirait pas plus de divergence, que ne l'a fait jusqu'à ce jour, l'emploi des balances plus délicates, dans les résultats analytiques de la décomposition des corps organisés. Lorsqu'on voit deux analyses du même corps, publiées par deux auteurs également habiles et d'une égale bonne foi, présenter des différences dans les premiers chiffres, et des différences dans le rapport de quatre à sept, on ne peut s'abstenir de se demander, s'il n'y a pas un certain charlatanisme à faire sonner si haut la nécessité d'une balance de prix, et si celle-ci aurait si bonne grâce à reprocher au simple trébuchet son peu de sensibilité au milligramme, lorsque toute la sensibilité de la première ne parvient pas à mettre deux auteurs, que dis-je? le même auteur d'accord, sur la valeur de deux ou trois dizaines d'entiers. A quoi me sert la supériorité d'un instrument, si, dans la pratique, elle ne me préserve pas des écarts que je commettrais tout aussi bien avec un instrument

vulgaire? Sans doute une balance de prix est, dans ce cas comme dans tous les autres, d'une manipulation plus facile et plus prompte; mais cet avantage dans les analyses élémentaires de substances organiques, tourne plus au profit de l'observateur, qu'à celui de l'observation même; et l'observation n'offrirait pas moins de garantie à mes yeux, si l'observateur était forcé d'y suppléer par une plus grande patience et une plus grande lenteur. Enfin tant que vous n'aurez pas trouvé la cause secrète des anomalies, que présentent les analyses les mieux conduites, et la formule qui doit amener, à peu de chose près, à une égale précision dans des circonstances égales, je déclare hautement qu'on aura mauvaise grâce à se targuer de la possession d'une riche balance. Or nous avons démontré plus haut (256) combien les analyses élémentaires des corps organisés se trouvent aujourd'hui encore loin d'offrir une suffisante précision.

299. Quoi qu'il en soit, la pesée exacte d'un corps exige des procédés d'autant plus délicats que la balance est moins sensible. La première condition est d'avoir à sa disposition des poids exacts, que l'on a soin de conserver à l'abri du contact de l'air et dans un endroit très sec. On peut s'en procurer d'aussi exacts que les poids étalonnés, au moyen de fils de platine tirés à la filière. Soit en effet un de ces fils, qu'on aura amené au poids d'un gramme, en le rognant sur l'une de ses extrémités, sans le soumettre à la moindre traction. Si ensuite on le tourne avec précaution contre un cylindre parfait, en une spire à tours exactement appliqués les uns contre les autres, il est évident que chaque tour de spire sera une portion égale du poids total, dans le cas où le nombre des tours s'accomplirait sans fraction aucune. Si donc on tire une ligne droite de l'extrémité de la spirale à l'autre, il est évident que cette ligne divisera la spirale en tout autant de tours égaux entre eux. Il ne restera qu'à couper chaque tour au point où passera la division marquée longitudinalement, pour obtenir tout autant de fractions égales du poids

total du fil tourné en spirale, lesquelles auront pour dénominateur le nombre de tours, et, partant, le nombre des fractions obtenues; ce seront autant de petits poids de même nom, si on a soin d'opérer la division sans perte de substance.

300. La seconde condition est que les plateaux soient à une égale distance de l'extrémité du fléau, dont les bras doivent être à leur tour à une égale distance du couteau sur lequel il pivote. Cependant ce défaut serait sans influence, sur les résultats d'une analyse, en ayant soin de placer constamment le poids dans un plateau et la substance dans l'autre; car par cette précaution l'erreur étant proportionnelle dans toutes les pesées, elle disparaîtrait dans les rapports des résultats. Que si l'on désire constater le poids absolu du corps et d'une manière exacte, on a recours à la *pesée par substitution*, même lorsqu'on opère avec une excellente balance: placez un certain nombre de poids exacts dans l'un des plateaux de la balance; et dans l'autre le corps à peser, auquel vous ajouterez autant de grains de plomb ou d'autres poids inexacts qu'il en faudra pour arriver à établir l'équilibre. Si ensuite vous enlevez le corps à peser, et que vous le remplaciez par des poids exacts, jusqu'à ce que vous ayez de nouveau retrouvé l'équilibre, il est évident que vous aurez obtenu le poids absolu du corps; car vous connaîtrez le nombre de poids qu'il a fallu employer pour le remplacer, et vous aurez fait la pesée dans le même plateau de la balance. Si le bras auquel il est suspendu avait un défaut, cela n'influerait en aucune façon, sur l'exactitude de la pesée, puisque le corps et le poids auraient eu également à vaincre le même défaut et le même obstacle, pour arriver à l'équilibre parfait.

301. La troisième condition est de peser sans perte de substance, dans le transport du corps sur le plateau de la balance. Lorsque la substance est poudreuse, on la pèse dans le vase qui doit servir à la décomposition (207) ou à la dissolution (25). On a soin de peser d'abord le vase, et puis la substance

avec le vase; la différence en plus est le poids de celle-ci.

302. La quatrième condition est de préserver la substance de toute imprégnation (28) qui en accroîtrait le poids, de préserver, par exemple, de l'humidité les substances hygrométriques. On soumet à une chaleur convenable celles qui, dans le cours de la manipulation, auraient pu absorber de l'eau ou des gaz susceptibles d'être éliminés par cette voie. On ne pèse pas immédiatement un corps, que l'on vient d'apporter, d'un endroit plus chaud ou plus froid que le laboratoire; on attend qu'il ait pris la température du local, pour soustraire la pesée à l'influence des courants d'air, qu'occasionnerait la présence du corps, autour du plateau de la balance. Par la même raison, on ne laisse pas tomber les rayons solaires sur la balance, afin d'éviter les erreurs auxquelles donnerait lieu l'inégale dilatation des diverses pièces de l'instrument.

303. Une fois qu'on a constaté d'un côté le volume d'un corps (287) et de l'autre son poids exact (293), on a le moyen de déduire *sa pesanteur spécifique* ou *densité*. En effet la densité d'un corps étant le rapport de son poids avec le poids d'un autre corps de même volume, n'est en définitive que le rapport du poids du corps à son propre volume. Or ce rapport étant invariable, il s'ensuit que le poids d'un corps est en raison directe de son volume, qu'en conséquence quel que soit le volume du corps, sa pesée me donnera toujours les mêmes rapports. Si sous le volume d'un litre le corps pèse 2 kilogrammes, sous le volume de deux litres il pèsera 4 kilogrammes; c'est-à-dire que 1 : 2 : : 2 : 4 ou $\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$. Donc pour avoir la densité d'un corps on n'aura qu'à établir les rapports entre son propre poids et son volume. Mais la densité des corps est en raison inverse des volumes, c'est-à-dire que de deux corps de même poids, le plus dense sera celui du plus petit volume et le moins dense celui du plus grand volume. Pour obtenir donc la densité

du corps, on divisera le poids par le volume; $\frac{P}{V}$ =

304. C'est par cette voie qu'on est parvenu à dress table des densités du plus grand nombre des corps con ce qui fournit les moyens de connaître le volume d'un c par son poids, et son poids par son volume. On déduit l lume d'un corps, en divisant le poids que l'on vient d'obt par sa densité, dont on trouve le chiffre sur les tables; si $\frac{P}{V} = D$, il suit que $\frac{P}{D} = V$. On déduit le poids d'un c de son volume, que l'on vient de mesurer d'une manièr recte, en multipliant le volume par la densité; car si $\frac{P}{D}$: il suit que $V \times D = P$; en admettant que les poids e volumes se rapportent au même système métrique.

Par exemple, 1 litre ou 1 décimètre cube d'eau distillée 1000 grammes à 4°,108; $\frac{P}{V} = 1000$. Mais un litre d'air, la pression de 76 centimètres, et à la température de zéro, 1 gr. 299, ou 1 gr. 3; $\frac{P}{V} = 0{,}0013$. Si donc je veux savc poids de deux litres d'air que j'aurai obtenus d'une anal $V \times 0{,}0013 = P$ me donnera 0 kil. 0026, ou 2 gr. 6 j'ai constaté un poids d'air de 8 grammes $\frac{P}{D} = V$, ou me donnera = 6 litres 15.

305. Comme on est convenu de prendre, pour u de densité, celle de l'eau pure, afin d'obtenir la densit tout autre corps, il suffira de mesurer le poids sous le m volume; prenez un *flacon à l'émeri* (51), que vous pès successivement 1° vide, 2° plein d'eau, et 3° ensuite re du liquide x, dont on veut déterminer la densité; en (gnant la première pesée, c'est-à-dire, la pesée du fl vide par P; la 2e, ou la pesée du flacon plein d'eau, par P

enfin la 3°, ou la pesée du flacon plein du liquide par P'', la fraction $\frac{P''-P}{P'-P}$ sera la densité, ou pesanteur spécifique du liquide x, par rapport à celle de l'eau prise pour unité, puisque cette fraction exprime le rapport des poids de l'eau et du liquide sous le même volume.

306. On peut déterminer la densité d'un corps, par rapport à celle de l'eau, par le procédé suivant. On pèse le corps seul dans une bonne balance, on obtient P son poids. On place ensuite ce corps et un flacon rempli d'eau sur le même plateau. Lorsqu'au moyen d'un nombre suffisant de poids M placés dans l'autre plateau, on est parvenu à établir l'équilibre, on ouvre le flacon pour y introduire le corps dont on désire connaître la densité; celui-ci fait sortir un volume d'eau égal au sien; après avoir bouché et essuyé le flacon, on le replace sur le premier plateau, sur lequel on est obligé d'ajouter un certain nombre de poids P', pour équilibrer la masse M de l'autre plateau. P' évidemment représentera le poids de l'eau déplacée par le corps, mais le volume de ce corps est celui de l'eau déplacée; sa densité égalera donc le quotient de $\frac{P}{P'}$.

307. Si le corps est soluble dans l'eau, on remplira le flacon d'un tout autre liquide, dont la densité soit connue. La pesanteur spécifique du corps par rapport à l'eau ordinaire s'obtiendra par une double opération. Si le corps est pulvérulent, il faut avoir soin de soumettre le liquide qui le renferme à une ébullition suffisante.

308. On donne le nom de *balance hydrostatique* à une balance ordinaire, dont l'un des plateaux est muni, en-dessous, d'un crochet, auquel on peut suspendre un corps solide par un fil très mince. Elle sert, avec cette simple modification, à mesurer les densités des corps solides et liquides. Pour les corps liquides, on met, sur le plateau à crochet, un corps so-

lide quelconque muni d'un crochet, une boule de cuivre par exemple, et on équilibre en plaçant une masse de poids M sur l'autre plateau; on attache ensuite le corps au crochet, et on le plonge successivement dans l'eau et dans le liquide, dont on cherche la densité; à chaque pesée il sera nécessaire d'ajouter, sur le premier plateau à crochet, des poids, pour équilibrer la masse M de poids placés dans le plateau opposé. Et ces poids, qui seront différents, selon que la pesée aura lieu dans l'eau et dans le liquide, seront P dans l'eau et P′ dans le liquide. Or, ces poids sont évidemment ceux du volume de l'eau dans le premier cas, et du liquide dans le second, volumes égaux à celui du corps solide qu'on y plonge. En divisant donc la pesée dans l'eau, par la pesée dans le liquide : $\frac{P}{P'}$, le quotient donnera la densité de celui-ci. Pour déterminer la densité d'un corps solide, on le pèse dans l'air, et on détermine ensuite le poids de l'eau qu'il déplace lorsqu'on le pèse dans ce liquide, le premier poids divisé par le second donne sa densité.

309. Toutes ces opérations demandent des soins et des précautions, et nécessitent des calculs qui prennent beaucoup de temps. Dans les arts on a recours, pour comparer les densités, à des procédés plus commodes et plus expéditifs, et l'on se sert à cet effet d'instruments nommés *aréomètres*, dont le principe est fondé sur ce qu'un corps nageant s'enfonce d'autant plus dans un liquide, que celui-ci a moins de densité que le corps. On distingue deux sortes principales d'*aréomètres*, ceux à volume constant et ceux à poids constant.

310. On s'est généralement arrêté à la forme que Nicholson a donnée aux aréomètres à volume constant (pl. 2, fig. 6). C'est un vase rempli d'un liquide dont on veut reconnaître la densité, ou avec la densité duquel on veut comparer la densité d'un corps solide. Le corps de l'aréomètre se compose

'une enveloppe (*e*) en métal ou fer-blanc, et terminé par eux bases coniques. Ce vase creux, hermétiquement fermé, st terminé supérieurement par une tige verticale très dé-liée (*t*), qui supporte une petite cuvette (*c*), destinée à recevoir les poids (*p*); à la base du même vase (*e*), est suspendu un petit vase également fermé (*l*), mais qui affecte aussi la forme d'une cuvette, et dans lequel est logé le lest destiné à tenir le vase constamment dans une position verticale; la tige (*t*) est marquée d'un trait, auquel on donne le nom de *point d'affleurement*.

311. Si c'est un liquide dont on ait à reconnaître la densité, on commence par placer des poids sur la cuvette (*c*), jusqu'à ce que le *point d'affleurement* de la tige (*t*) se trouve *à fleur*, et y reste en équilibre. Si on répète la même opération dans l'eau distillée, il est évident que la densité du liquide, par rapport à celle-ci, sera comme le nombre de poids de la première opération est au nombre de poids de la deuxième, en retranchant de chacune le poids de l'instrument lui-même, qu'on aura déterminé dans une précédente opération. En désignant le poids de l'instrument par P, les poids qui ont amené son affleurement dans le liquide par A, et ceux qui ont amené son affleurement dans l'eau distillée par A', $\frac{P+A'}{P+A}$ donnera la densité du liquide.

312. Si c'est d'un corps solide qu'on désire connaître la densité, on remplit d'eau distillée le vase (*v*); on détermine d'avance le poids A, qu'il est nécessaire de placer dans la cuvette (*c*), pour affleurer l'instrument. On pèse un morceau du corps solide et d'un poids moindre que A, successivement dans la cuvette supérieure (*c*) et dans la cuvette inférieure (*t*). On détermine l'affleurement dans ces deux opérations, en ajoutant, sur la cuvette (*c*), des poids convenables A' et A''. A—A' représentera le poids du corps solide dans l'air, et A—A'' représentera celui du même corps dans l'eau distillée; A''—A' sera le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps.

$\frac{A-A'}{A''-A'}$ donnera donc la pesanteur spécifique de celui-ci. Si le corps est plus léger que l'eau, on l'attachera à la cuvette, par un fil qui doit toujours rester dans les trois pesées; dans ce cas le quotient de $\frac{A-A'}{A''-A'}$ sera plus petit que l'unité.

313. Certaines substances poreuses s'imbibent, pendant leur séjour, du liquide dans lequel on les tient plongées. Cette circonstance ne saurait être négligée; on parviendra à déterminer la quantité d'eau qu'elles absorbent, et partant le véritable poids de leur charpente, par des pesées successives et par des soustractions. Mais on aura soin de bien purger d'air le corps dans le vide, avant de le plonger dans le liquide, et ensuite de le laisser plongé assez long-temps pour être sûr que le liquide a pénétré dans tous ses pores.

314. Les *aréomètres* à poids constant, ou autrement dits *pèse-liqueurs*, ne servent qu'à déterminer la densité des liquides. Ce sont des tubes de verre (fig. 7, pl. 2), soufflés à la base en deux boules, dont l'inférieure plus petite renferme du mercure qui lui sert de lest. On en construit pour les liquides plus pesants que l'eau et pour les liquides plus légers. Dans le premier cas on les leste de telle manière que le tube vertical s'enfonce presque entièrement dans l'eau pure, et on marque 0 au point d'affleurement. En plongeant ensuite l'instrument dans un mélange de 85 parties d'eau et de 15 parties en poids de sel marin, on trouve qu'il s'enfonce moins que dans l'eau, on marque 15 au point d'affleurement sur le tube de verre; l'on divise en 15 parties égales l'intervalle compris entre 0 et 15; et l'on prolonge la division jusqu'à la boule même; la graduation arrive en général au nombre 67 à 68.

315. Pour déterminer la densité des liquides plus légers que l'eau, l'instrument doit être lesté de telle sorte qu'étant plongé dans l'eau pure, le tube cylindrique ne s'enfonce que du $\frac{1}{2}$ environ de sa longueur; il doit être construit de ma-

ière que, plongé dans une dissolution de 10 parties en poids e sel marin et de 90 parties d'eau pure, le point d'affleurement soit encore sur le tube; on marque o sur ce point et o àce lui du l'affleurement du tube dans l'eau distillée; on livise l'intervalle en 10 degrés, et on prolonge la division ers le haut du tube jusqu'à 50°, limite suffisante pour toutes les comparaisons. Il suffit de tenir un de ces instruments plongés dans un liquide, pour lire, sur la graduation, les rapports de sa densité non seulement avec celle de l'eau, mais encore avec celle de tous les liquides qu'on aura soumis à une évaluation préalable. Ce *pèse-liqueur* est celui du commerce; et la précision dont il est susceptible ne dépasse pas les limites auxquelles s'arrêtent les arts. C'est sur le modèle de l'aréomètre de Baumé qu'on a construit les *alcalimètres* et autres instruments de ce genre. Dans le plus grand nombre des études d'analyse organique, on n'a pas recours à des instruments d'une plus grande précision; c'est avec eux qu'on prend les densités des sèves, des moûts, des jus, etc., les variations que ces substances subissent dans les diverses phases du développement vital, ne comportant point des déterminations d'une précision rigoureuse, et les caractères de leur densité n'étant considérés que comme des moyennes d'approximation.

316. DENSITÉ DES VAPEURS. Deux procédés ont été mis en usage pour mesurer la densité des vapeurs. Le premier, qui est celui de Gay-Lussac, consiste à déterminer le volume qu'occupe la vapeur d'une quantité de substance dont on a préalablement déterminé le poids; le second, au contraire, à déterminer le poids de la vapeur renfermée dans un vase dont on connaît la capacité. Ce dernier procédé a été modifié par Dumas; mais il a fourni certains résultats dont l'exactitude a été vivement contestée, et dont l'énoncé porte un caractère extraordinaire qui inspire la défiance; nous croyons pouvoir parvenir à en expliquer la raison dans les considé-

rations qui termineront cet ouvrage. Nous allons décrire les deux procédés d'une manière succincte.

317. 1° Gay-Lussac renferme le liquide dans une ampoule de verre à parois minces, dont la pointe effilée se ferme au chalumeau, une fois qu'elle a été remplie du liquide dont il se propose d'étudier la vapeur. La différence du poids de l'ampoule vide et de l'ampoule pleine de liquide, donne le poids de celui-ci. Il la fait passer ensuite dans une éprouvette graduée avec soin et renversée sur un bain de mercure. L'éprouvette est entourée d'un manchon de verre que l'on remplit d'eau. Ce bain de mercure et d'eau est placé au-dessus d'un foyer et sert de chaudière. La vapeur qui se forme dans l'ampoule, sous l'influence de la chaleur, en brise les parois, et le liquide se gazéifiant monte dans l'éprouvette et déprime le mercure d'autant. On chauffe jusqu'à ce que la vapeur formée ait évidemment une densité moindre que celle qui correspond à la température du bain. On mesure alors la température au moyen d'un thermomètre plongé dans l'eau du manchon. On observe après le nombre de divisions de l'éprouvette, dont la capacité est connue, et qui sont occupées par la vapeur; on en déduit le volume exprimé en litres; on détermine la pression, en retranchant de la hauteur barométrique, la hauteur de la colonne de mercure qui s'est élevée dans l'éprouvette (283). On a de cette manière tous les éléments pour ramener le volume à ce qu'il serait à 0° et sous la pression de 76 centimètres, en tenant compte du coefficient de la dilatation du verre. La formule $\frac{P}{V(1+Kt)}$ donnera le poids d'un litre de vapeur, à la température t, sous la pression observée, K étant le coefficient de la dilatation du verre. On cherchera ensuite à déterminer, par le calcul, combien pèserait un litre d'air à la même température et sous la même pression, son poids étant de 1 gr. 3 à 0° et sous la pression de 76 centimètres (304); et l'air étant pris pour unité, on déduira la densité de la vapeur cherchée. Nous renvoyons

: traités de physique, pour les détails qui ne sauraient ren-
r dans le cadre que nous nous sommes tracé.

;18. Lorsque la vapeur dont on cherche la densité est le d'un liquide dont l'ébullition n'a lieu qu'au-dessus de)° cent., on remplace l'eau du manchon par une huile ı. Mais cette substance se colorant au-delà de 200°, il de-nt impossible de voir ce qui se passe dans l'éprouvette; le cédé de Gay-Lussac devient alors insuffisant. Il faut né-sairement recourir à celui qui donne les moyens de peser ctement les volumes. L'appareil dont on se sert, se com-e d'un ballon de verre, dans lequel on dépose une cer-e quantité de la substance solide ou liquide qui doit être luite en vapeur; après en avoir effilé le col à la lampe, c la précaution de ne pas le fermer, on le dispose et on fixe dans un bain de mercure, d'huile ou d'un alliage fu-le, lorsqu'on a besoin d'une température très élevée. La tière contenue dans le ballon entre alors en ébullition et gazéifie, sa vapeur chasse l'air; et quand il n'y a plus de uide en excès, ou que le jet de vapeur cesse d'être aperçu, ferme l'ouverture du ballon à la lampe, et on laisse roidir le ballon. Le nombre de litres qui représente capacité du ballon à 0°, étant connu, le volume V la vapeur est V $(1 + Kt)$ à $t°$; t étant la température; K coefficient de la dilatation du verre entre 0 et le degré ermométrique atteint $t°$. En retranchant enfin, du poids ı ballon refroidi, celui du même vase vide de toute matière ndérable, déterminé par des pesées antérieures, on obtient poids de la vapeur qui occupait le volume V $(1 + Kt)$ à température t et sous la pression barométrique (286). On de la sorte tous les éléments nécessaires pour obtenir la nsité de la vapeur, celle de l'air étant prise pour unité.

§ III. INDUCTION.

319. Le nombre des éléments d'un corps ayant été évalué ar les réactions (46), constaté par une série d'éliminations

(110), les rapports en poids et en volumes de chacun de ses éléments ayant été déterminés par des mesures de précision (273), là se termine la tâche de la manipulation; et là commence celle de l'INDUCTION. C'est à cette noble opération de l'esprit qu'il appartient de rendre compte de la combinaison ou de l'association de ces éléments, de leur restituer, pour ainsi dire par la pensée, la place qu'ils occupaient en réalité et avant toute analyse, dans le corps observé; c'est à elle qu'appartient le droit de faire la part des circonstances, d'éliminer les effets étrangers, de tirer la valeur d'une inconnue de la combinaison des effets observés, de surveiller la marche du calcul, dont la rigueur dans les formes couvre si souvent, d'un séduisant prestige, des écarts qui n'auraient pas échappé à la simple raison; de surveiller surtout la marche mystérieuse de l'opération, où tout se mêle et se confond, dans des rapports si variables, et où, sous le masque d'un mélange plus ou moins intime, tant de corps parfaitement connus prennent des caractères si étranges et échappent à l'œil le plus exercé; profonde et longue synthèse où l'esprit, interrogeant à la fois et les faits observés et les lois constatées, compare les images que les yeux lui transmettent, avec celles que sa mémoire a conservées. Là croyant ne rien avoir vu, tant qu'il reste quelque chose à voir encore, pour expliquer un seul petit point de l'univers, il cherche pour ainsi dire à analyser l'univers dans son ensemble; et avant de conclure, il s'applique à soumettre un à un, les résultats du laboratoire, à la contre-épreuve de toutes les sciences à la fois. La SYNTHÈSE est enfin une algèbre qui ne puise ses formules que dans la raison du moment; or l'algèbre ne donne d'autres valeurs que celles que la logique a eu soin de placer sous chaque terme.

320. Raisonnez, raisonnez, raisonnez long-temps et raisonnez juste, avant de formuler; raisonnez encore avant de déduire; c'est là toute la SYNTHÈSE; c'est là le génie des sciences d'observation, dont la manipulation n'est que l'artifice.

1. C'est dans le règne de l'organisation que la synthèse ique doit s'imposer une marche plus sévère; car c'est son domaine que les ressources matérielles de la manion sont moins nombreuses et moins variées.

2. Il est une considération générale, qui, à elle seule, suf pour établir une ligne de démarcation des plus tranchées, la chimie inorganique et la chimie organique; et c'est qui forme la base fondamentale de la méthode d'observaléveloppée dans le présent ouvrage. Les corps inorganies formant par voie de juxta-position, et par la loi de nité des molécules de même nature, sont susceptibles rir une homogénéité presque parfaite dans toutes les fracde leurs masses, même lorsqu'ils arrivent à de grandes nsions. Les corps organisés au contraire, se développant rtu d'une loi moins simple et par une série d'élaboraplus compliquées, il résulte que les produits les plus héènes peuvent se trouver renfermés dans les organes les rapprochés. Or comme ces organes invisibles à l'œil nu, inabordables à la dissection et à nos procédés ordinaires nipulation, il s'ensuit qu'en cherchant à isoler les pro les uns des autres dans le laboratoire, il nous arrivera s confondre et de les mélanger sans retour; nous ne brise les parois des cellules qui les recèlent que pour en al la pureté; nous ne les dissoudrons dans un menstrue pour les en retirer sous un autre nom, avec une livrée leur sera étrangère, et dont aucun des procédés de la nie inorganique ne sera dans le cas de les dépouiller.

3. On conçoit en effet qu'à l'aide du creuset et des ré, on puisse isoler et peser les éléments indécomposad'une substance inorganisée; et pourtant combien les cultés de l'analyse se compliquent avec le nombre de ces ents? Mais lorsqu'il s'agit d'une substance organisée, nment recourir au creuset sans décomposer l'organe, et nment recourir aux réactifs, pour s'emparer de la subce, à travers l'obstacle que les parois organisées opposent

à la réaction? Aussi dès l'instant que je me livrai à la lecture des travaux de chimie organique, je ne pus me défendre d'un vague pressentiment; et malgré l'assurance de la rédaction, je restai toujours convaincu que les résultats obtenus ne représentaient pas la nature. Des travaux d'un genre moins répandu dans le monde scientifique vinrent enfin me fournir les moyens de m'expliquer ma défiance et de changer mes doutes en conviction. Je vis et je dessinai des organes infiniment petits, et dont les formes et les aspects variés me semblaient représenter des fonctions et des propriétés différentes. Ces organes se trouvent côte à côte les uns des autres; l'œil les distingue, le scalpel ne saurait pas les séparer. Or, me disais-je, quand le chimiste broie, déchire, fait macérer ou bouillir dans un menstrue un tronçon même minime de végétal ou d'animal, il doit nécessairement confondre et mélanger, dans le même dissolvant, une foule de substances que la nature avait isolées dans des organes séparés. On dirait que le chimiste, fier de la puissance de son art, cherche à tout confondre, afin de se ménager le plaisir de tout démêler; mais quand il a tout confondu, brouillé, mélangé, il lutte en vain contre des difficultés qu'il n'est point donné à son art de vaincre; de là les contradictions, les incohérences, la bizarrerie des théories venant au secours de résultats inexplicables; de là le nombre des substances indéterminées et pseudonymes, des doubles emplois, des créations nominales enfin, qui se multiplient de manière à effrayer la mémoire la plus intrépide et à dégoûter l'esprit le moins récalcitrant.

324. Je résolus donc de recourir à des méthodes plus rationnelles, à une marche plus philosophique. Or cette méthode nouvelle se résume en ces termes: emprunter à chaque science tout ce qui peut servir à constater un fait, à reconnaître une loi. Car un livre a droit d'être spécial; c'est un répertoire d'un certain ordre de faits; mais l'observateur qui s'emprisonne dans le cercle d'une spécialité est un homme ou incapable ou inconséquent.

325. La nature ayant déposé certaines substances dans le sein de certains organes, je demandai à l'anatomie les moyens de reconnaître ces organes; et une fois que mon œil eut appris à les distinguer, je demandai à la chimie ses réactions et ses procédés. Si ces organes étaient trop petits pour être saisis à la vue simple, j'invoquais le secours des verres grossissants combinés en microscope. La physique m'apprit à suivre la marche des rayons lumineux, à me rendre compte des effets de la lumière réfractée et réfléchie; et je transportai le laboratoire de la chimie sur le porte-objet.

326. De cette manière, me dis-je, au lieu de confondre sous le pilon des organes hétérogènes, au lieu de m'amuser à faire rentrer la symétrie et l'ordre dans le chaos, pour chercher vainement ensuite à en faire jaillir la lumière, j'étudierai l'organe en lui-même, j'étudierai son contenu à l'état de la plus grande pureté; et lorsque je me serai assuré indubitablement de ses caractères et de ses réactions, je n'aurai plus de peine à le deviner sous le masque des mélanges. Je jetterai des chaînes à ce Protée, à l'instant qu'il sommeille; par ma constance et mon imperturbable opiniâtreté, je le forcerai à me révéler ses mystères; et dès lors il aura beau se montrer tour à tour cèdre, dragon, fleuve, tigre, lion, il n'échappera plus à l'œil qui l'aura deviné et qui le domine.

327. Cette idée simple et rationnelle, je n'ai cessé de la poursuivre et de l'appliquer pendant un certain nombre d'années; et, telle est la puissance d'une conception vraie, que, sans laboratoire, sans instruments, sans protection, et quelquefois sans ressources, elle n'a cessé entre mes mains d'être féconde en résultats, qu'après bien des persécutions et des outrages, on adopte enfin de toutes parts.

328. Le livre que je publie est une grande application de cette méthode; la section suivante sera consacrée à fournir les formules générales des manipulations, auxquelles elle a plus spécialement recours.

DEUXIÈME SECTION.

MANIPULATIONS EN PETIT.

329. Notre vue peut embrasser des espaces immenses par un point ; doit-il paraître si surprenant que nous puissions obtenir de grands résultats, en expérimentant sur le coin d'une petite table ? Les corps qui sont l'objet de nos observations, ne changent pas de nature en changeant de dimensions, et les lois qui les régissent n'ont aucune limite dans l'espace ; elles sont aussi puissantes sur un champ d'un millimètre carré que dans l'immensité de l'atmosphère. Les bornes de l'observation ne sont donc que dans les organes de notre vue ; il nous est permis de découvrir tout ce qui ne dépasse pas la portée de la vision distincte ; et la vision est encore distincte à 10 ou 12 pouces de l'œil ; or, à 12 pouces de distance on distingue très bien l'épaisseur d'un millimètre ; et il n'est pas nécessaire au succès d'une manipulation, que le corps observé ait des dimensions susceptibles d'être appréciées à un pas de distance. Moins l'objet sera grand, au contraire, et plus l'observation sera prompte ; l'économie des dépenses s'enrichira encore de l'économie de notre temps, qui est si court, quand l'expérience est si longue.

330. Mais si l'art avait trouvé le moyen, en perfectionnant pour ainsi dire la vision, de nous rendre apercevables des objets qui, par leurs faibles dimensions, échappent à notre vue dépouillée de cet artifice, il est évident qu'il nous serait possible, sans nuire à l'exactitude du résultat, de réduire d'autant le volume des corps soumis à l'observation, de gagner en vitesse et en économie matérielle, en raison de cette réduction, et de répéter en quelques minutes et sur un champ

de quelques centimètres, toutes les expériences qui ordinairement exigent dans les laboratoires, des surfaces de plusieurs pieds et une durée de plusieurs heures.

331. Nous aurions donc ainsi deux laboratoires en miniature : l'un dont les dimensions s'adapteraient aux limites de la vision distincte, et l'autre dont les dimensions seraient en raison inverse du degré d'ampliation visuelle que l'art aurait prêté à nos yeux. Or la science avait mis depuis long-temps à notre disposition ce dernier moyen; mais l'application en avait retiré peu d'avantages réels; son introduction en chimie organique a provoqué toute une révolution dans l'étude des corps organisés; nous voulons parler du microscope, instrument dont l'emploi est aujourd'hui un art d'une indispensable spécialité. Cette seconde section aura presque entièrement pour objet d'en faire connaître, avec les plus grands détails, tous les procédés. Afin de mettre plus de clarté dans l'exposition, nous serons obligé de modifier la marche que nous avons suivie dans la section précédente; nous décrirons les appareils et les instruments à part des opérations; en sorte que la série des chapitres qui doivent correspondre chacun à chacun avec ceux dans lesquels nous avons décrit les opérations qui formaient la matière spéciale de la première section, ne commencera qu'au chapitre troisième de cette section seconde; les deux premiers étant ici exclusivement destinés à faire connaître : 1° *les appareils de manipulation et d'observation qui suffisent à la vision distincte*, et 2° *les appareils de manipulation et d'observation que réclame la vue armée de verres grossissants.*

CHAPITRE PREMIER.

APPAREILS DE MANIPULATION EN PETIT, POUR TOUTES LES OBSERVATIONS, QUI NE DÉPASSENT PAS LES LIMITES DE LA VISION DISTINCTE,

OU

TABLE LABORATOIRE.

332. Cette table, dont la pl. 3 est destinée à faire comprendre l'économie et les détails, affecte la forme générale de la fig. 1. C'est une table ordinaire, mais d'une plus grande solidité, ayant 1 mètre 14 cent. de long, 50 cent de large et 75 centimètres de hauteur. Elle est munie de deux tiroirs opposés et latéraux (*ti'ti''*) qui en remplissent toute la capacité, et qui en agrandissent pour ainsi dire la surface du double au moins, lorsqu'on les laisse ouverts. Fermés, ils contiennent tous les appareils que l'on voit éparpillés sur la planche; ouverts, et une fois que les appareils ont été disposés pour l'observation, ils servent à déposer les objets que l'on désire mettre à l'abri des accidents de la manipulation, et à débarrasser d'autant le dessus de la table. Les quatre pieds (*pppp*), égaux et à surface lisse, offrent dans toute leur longueur les mêmes dimensions qu'à la base, afin de pouvoir abaisser et élever à volonté la petite tablette mobile (*tl*), qui glisse à frottement et se fixe à la hauteur voulue par la vis de pression (*v*). Cette tablette sert de support aux vases et instruments que l'on a besoin de placer au-dessous du niveau de la table, et spécialement aux microscopes de grande dimension, dont l'observateur assis pour dessiner, désire avoir l'oculaire à la hauteur des yeux. Le tiroir (*ti'*) porte une planchette percée de trente trous qui

rvent à loger tout autant de petits *flacons à l'émeri* (fig. 14) étiquette (*e*) gravées sur verre (51); on a ainsi sous la ain, une *boîte à réactifs* (46) mobile. Les autres instruents sont fixés, dans l'un et l'autre tiroirs, au moyen d'encobes qui les préservent des accidents du cahotement pendant transport. Nous allons les énumérer et les décrire, en suiant l'ordre dans lequel on doit s'en servir.

333. Cuve a dissection (fig. 2). Cette pièce importante st en cristal taillé; elle est rectangulaire, longue de 175 millimètres sur 135, et de 25 millimètres de profondeur; 'épaisseur en est telle, qu'elle peut supporter impunément tous les genres d'efforts et de pressions que réclament s exigences de la dissection. On pourrait en construire à meilleur marché, par l'assemblage d'une lame de beau erre à glaces avec quatre bandes d'égale hauteur et de même substance. Un châssis en cuivre suffirait à en maintenir es bords, et le mastic ordinaire des instruments de physique s'opposerait à l'écoulement des liquides. Mais une cuve de cette structure est sujette à se désassembler au moindre choc cause de la faible adhérence du mastic contre les parois la verre; elle ne saurait servir aux dissections dans l'alcool, 'ammoniaque, les acides; et le séjour prolongé de l'eau ordinaire elle-même finit par vaincre l'adhérence du mastic avec le verre, en s'insinuant peu à peu dans les joints. C'est ce qui nous a porté à recommander de préférence l'emploi le cette belle cuve en cristal; le prix un peu élevé de cet appareil doit être considéré comme la somme des dépenses qu'occasionnerait à la longue l'entretien et le remplacement de l'autre; on y gagne le temps que les réparations de celui-ci feraient perdre.

334. La cuve est maintenue à une hauteur convenable par un support rectangulaire en cuivre (*s*), dans lequel elle s'enchâsse par sa base; les quatre pieds (*pp*) se ploient à charnière (*a*), lorsqu'on veut replacer l'appareil dans le tiroir.

335. Supposez maintenant la cuve (*cv*) ainsi disposée sur un point quelconque de la table (fig. 1); elle est susceptible de recevoir le jour par toutes ses surfaces. Que l'on veuille y disséquer les organes les plus délicats d'une plante ou d'un animal, dans un menstrue capable d'en rendre les détails plus distincts; on versera ce menstrue dans la cuve jusqu'à la hauteur nécessaire pour que l'organe y soit entièrement submergé. Au moyen des deux scalpels (fig. 17), de la pince à dissection (*pi*, fig. 18), et de deux aiguilles emmanchées (fig. 18 *ai*), il sera facile de diviser, de saisir, d'étaler tout ce qui est visible à l'œil nu. Pour maintenir les membranes dans la situation voulue, on aura à sa disposition quatre *érignes* (fig. 22 *ar*), espèces de hameçons attachés par un fil de soie (*fl*) à une demi-sphère solide en plomb (*p*), que l'on promène sur la table, jusqu'à ce qu'on ait obtenu le degré de tension le plus favorable à l'observation. Lorsqu'on n'a pas besoin que les parois verticales de la cuve soient éclairées, on les tapisse d'une feuille de liége, que l'on maintient au moyen d'un carré en gros fil de fer; on peut alors fixer immédiatement les bords des membranes contre le liége, au moyen d'érignes droites qui servent aux dissections ordinaires. Ce carré en fil de fer a encore une autre destination, qui ne laisse pas que d'offrir un certain avantage, dans certains cas; car les *érignes* en hameçons (fig. 22) soulèvent les membranes en les étendant, et les amènent vers le bord du vase, alors qu'il est nécessaire de les maintenir dans le fond; on parera à cet inconvénient en faisant passer leur fil de soie entre le fil de fer et le liége; on donnera ainsi au mouvement de traction, une direction horizontale.

336. Porte-loupe. L'objet étant ainsi disposé sous un jour favorable, pour en étudier les détails, et en poursuivre la dissection jusque dans ses dernières limites, on commence par l'observation à la *loupe des horlogers* (fig. 5), qui, par son achromatisme et par l'étendue du champ, jouit sous ce rapport d'une

périorité ina... le. ... m ... .
né en corne noire, qui ne la ... iv ... à l'œil ... les ...
lumière émanés du corps o... é. On la pl... d... la ... e
) du porte-loupe (*pt* fig. 4), ... èce ... qui ...
..., afin d'amener la loupe d... j... et ... t...
positions. La tige se termi... ... (*an*) q... glisse
frottement le long de la TIG... A ... (... 6), et se fixe
une hauteur quelconque, a... ... de la vis de pression (*v*).
a monture du microscope doul... , peut remplacer avec
vantage cette tige coudée ; il suffira d'en employer la pince
mobile dans tous les sens, que l'on introduira dans le levier
orizontal du microscope. Les mouvements de gauche à
droite et d'arrière en avant de ce levier promèneront la
pince sur toute l'étendue de la cuve.

337. Le MIROIR portatif et mobile (fig. 3) est destiné à porter çà et là la lumière sur tous les points du corps que on désire observer par réfraction ; on le place sous la cuve, on prend le jour d'où il vient. Il n'est pas nécessaire de le construire sur des dimensions égales à celles de la cuve ; la lumière dont on a besoin, dans les observations de ce genre, devant être en rapport qu'avec le champ de la loupe.

338. APPAREILS DE MANIPULATIONS CHIMIQUES. A la dissection et à l'observation doit succéder la manipulation, et la table d'anatomie devient alors en même temps la table laboratoire ; deux TIGES À SUPPORT (fig. 6 et fig. 11) suffisent à cette nouvelle destination. Dépouillées de tous leurs accessoires, ce sont deux tiges d'un égal calibre, munies à leur base d'une griffe (*gr*) qui pince le bord de la table, et y fixe l'instrument dans une position verticale, au moyen de la vis de pression (*v'*). L'une (fig. 11) sert à supporter les valets mobiles, (... 193), cercles en cuivre, soudés au bout d'une tige horizontale fort courte, qui glisse et se fixe le long de la tige, au moyen de son anneau (*an*), et de la vis de pression (*v*) ; le diamètre de ces cercles varie selon le volume des va-

ses qu'on veut employer. C'est sur eux qu'on place les capsules (*ca* 164), les matras (*m* 40), et qu'on fixe les entonnoirs mêmes (*en* 127), destinés à une filtration. La lampe (*lm*) étant placée immédiatement au-dessous de l'un de ces vases sur la table, on conçoit qu'en abaissant et élevant le valet (*c*), on puisse soumettre le liquide à tous les degrés de chaleur que la flamme (*fm*) est dans le cas de lui communiquer. Cette lampe est en fer-blanc ; on n'y brûle que de l'alcool, afin de soustraire l'expérience aux émanations oléagineuses.

339. L'autre tige (fig. 6), outre le porte-loupe (*pt*), reçoit, dans un anneau mobile (*an*), qui se fixe aussi par une vis de pression (*v*), une pince en cuivre à mouvement (*pn*), et une LAMPE A HUILE (*lm*) POUR CHALUMEAU, qui est munie d'un anneau semblable (*an*).

340. Une cornue (fig. 13, *cr*) étant appuyée sur un des valets de la première tige, et son col étant introduit dans le grand goulot de l'allonge (*al*), celle-ci est maintenue en position par la pince (*pn*) de la deuxième tige ; et si l'on introduit ensuite le petit bout de l'allonge dans la tubulure latérale (*tu'*) du matras (fig. 10''), qui repose sur la table au moyen d'un valet en bois (fig. 15), on aura de cette manière un appareil distillatoire complet, et capable de fournir tous les produits que réclament les expériences les plus délicates de la chimie organique. La cornue sera la cucurbite, et le matras le récipient, l'allonge fera l'office de serpentin (188). Pour se mettre à l'abri des émanations, on pourra adapter à la tubulure (*tu*, fig. 10'') un tube recourbé dont l'extrémité ira plonger dans un liquide capable de saturer les vapeurs, et d'en neutraliser les effets.

341. Les ballons à *col* long (10) ou court (fig. 10') sont maintenus en position en s'appuyant par la panse (*p*) sur l'un des *valets* (*c*) du support (fig. 11), et en s'introduisant par le col (*cl*) dans un *cercle supérieur* ; on les y fixe, si cela est nécessaire, au moyen de petits fils de fer ou de laiton.

342. Lorsqu'au lieu de capsules, dont les plus petites sont souvent trop grandes relativement à la quantité de substance qu'on a à sa disposition, on fait usage, en guise de récipient, de simples verres de montre, on se sert, pour les suspendre au centre du valet, d'un trépied en fil de fer dont nous avons déjà donné la figure, pl. 1, fig. 34, ou bien d'un anneau de rideau ordinaire, que l'on maintient à une égale distance du cercle, au moyen de trois ou quatre fils de fer tendus.

343. Outre ces ustensiles, on trouve, dans la table laboratoire, un certain nombre de tubes de verre fermés par un bout à la lampe (fig. 23, α), petits ustensiles très commodes pour soumettre à l'action de la chaleur d'une lampe des petites quantités de substance. On les maintient fixes, contre les soubresauts de l'ébullition, par une spirale (*sp*, fig. 16) en fil de fer, qui entre dans le cercle du petit trépied que nous venons de décrire.

344. On peut courber à la lampe les tubes de ce genre, et d'une certaine longueur, pour en faire tout autant de petites cornues (fig. 23 β), ou même d'alambics (γ), aussi complets, dans leur petitesse, que les alambics de grandes dimensions, que nous avons eu l'occasion de décrire.

345. Le tube (fig. 20) est effilé à la lampe par l'une de ses extrémités, et il est ouvert à ses deux bouts ; il sert à aspirer les quantités minimes de liquides ou de réactifs, dont on a besoin pour des expériences en petit ou des dissections microscopiques.

346. Le tube recourbé (fig. 9) garantit l'observateur des accidents auxquels ne manquerait pas d'exposer une distraction fort ordinaire, en aspirant des réactifs nuisibles. Il est redevable de cet avantage à la boule soufflée (δ), où se rassemble le liquide en excès, et dont la capacité, si petite qu'elle soit, ne saurait être remplie par suite de l'aspiration la plus longue ; ces sortes de tubes se nomment *pipettes*, et peuvent tenir lieu, au besoin, de CHALUMEAUX.

CHALUMEAU ET SES DIVERS APPAREILS.

347. La chaleur, dégagée par la combustion, s'élève en raison de la quantité d'oxigène qui arrive, dans un moment donné, sur le combustible en ignition. Cette quantité d'oxigène arrive au combustible, en raison de la vitesse du courant d'air dont elle fait partie. Or, comme la quantité de chaleur absorbée par un corps sur lequel on cherche à la concentrer, est proportionnelle à sa masse, il s'ensuit que, pour produire la fusion d'un corps sous un petit volume, il suffira de faire parvenir le courant d'air, par l'orifice le plus étroit, sur la flamme d'une mèche ordinaire, pour obtenir les mêmes réactions, qui exigeraient l'emploi d'un grand soufflet de forge, si la masse du corps sur lequel on agit était plus considérable.

348. C'est ce qu'ont compris de temps immémorial les ouvriers sur métaux; et lorsqu'ils ont eu à opérer des soudures sur des solutions de continuité d'une petite surface, la flamme d'une chandelle leur a servi de brasier, dont ils ont activé la combustion, en y concentrant, à travers un tuyau de plus faible diamètre, le simple courant d'air que l'insufflation est dans le cas de produire, par le jeu des muscles buccinateurs. Pour la commodité de l'opération, ils fléchirent ensuite ce tuyau, qui prit ainsi la forme de la figure 20, pl. 5. C'est encore celle qu'ils adoptent dans les manufactures; car ces hommes forts, à vaste poitrine, et à longue haleine, s'arrêtent peu aux difficultés qui, pour nos poitrines de cabinet, prennent une plus grande importance. Nous qui exhalons plus que nous ne soufflons, nous n'avons pas tardé à remarquer que, sous cette forme si peu compliquée, le *chalumeau* était exposé à *cracher* (c'est l'expression) par intermittence, ce qui oblige de recommencer, comme si le premier courant d'air n'avait pas élevé la température; car par l'intermittence tout s'est refroidi d'autant. Ce fut pour éviter cet inconvénient,

qu'on adapta, à certaine distance de l'extrémité du bec, une boule creuse, dans laquelle les vapeurs d'eau se condensaient sans former obstacle au courant d'air; lorsque la quantité d'eau accumulée commençait à devenir considérable, on en vidait la boule en aspirant fortement par le grand orifice. Le chalumeau prit alors la forme de la figure 9, pl. 3. Il se compose, comme on voit, de trois parties, 1° d'un cylindre courbé, dont l'orifice (α) s'introduit dans la cavité buccale, et que l'on tient de la main droite à la hauteur déterminée par la flamme en combustion; 2° de la boule qui sert de réservoir (δ); 3° du bec conique (β), qui va en se rétrécissant tellement que l'ouverture qui le termine et donne issue au courant d'air, égale à peine le diamètre d'une épingle ordinaire. Dans le principe, ces instruments étaient en laiton ou en fer-blanc d'un bout à l'autre. Cromstedt, Bergmann, Tennant, Wollaston, etc., modifièrent cet appareil de manière à le rendre portatif et commode.

349. Berzélius s'arrêta à la modification de Gahn, qui est celle de la fig. 8, pl. 3. Le réservoir (δ) en est cylindrique, et les tubes s'y adaptent à angle droit. L'embouchure (α) est en ivoire pour préserver la bouche du contact du laiton ou du fer-blanc. Le bec (β) étant sujet à s'encrasser, on y adapte, à volonté, un ajutage en platine, qu'on peut nettoyer, en le soumettant à son tour à la flamme du chalumeau, pour brûler le noir de fumée qui l'obstrue et l'encrasse. Toutes ces pièces sont susceptibles de se démonter, soit pour se placer dans une boîte, soit pour permettre de débarrasser le réservoir, de l'eau qui s'y est accumulée. Lebaillif imagina de terminer le réservoir (δ) par un bouchon en liége, que l'on a remplacé par un couvercle en métal (γ), ce qui permet de faire écouler l'eau, sans démonter l'instrument pièce à pièce.

350. Malgré tous ces perfectionnements, cet instrument ne nous a jamais paru faciliter l'insufflation, comme le fait celui de la forme représentée par la figure 9. En effet, l'écoulement de l'air est plus facile, quand il ne fait que tourner sur

lui-même contre des parois sphériques, que lorsqu'il est forcé d'aller se briser à angle droit, puis, par des angles plus ou moins obliques, avant de trouver issue par un orifice ouvert sur l'une des parois du cylindre qui sert de réservoir; et nos *pipettes en verre* (346) qui affectent la forme de la figure 9, nous ont toujours paru préférables au *chalumeau* dont nous venons de parler, toutes les fois qu'on n'a que deux ou trois petites analyses à faire. On fait écouler ensuite l'eau accumulée, en inclinant l'instrument sur son grand orifice (α); et si le bec (β) s'est fermé en fondant par l'effet de la flamme, il suffit d'en casser la pointe pour le rouvrir. Cependant, de tels instruments sont trop fragiles, pour s'aventurer dans un voyage d'observation sans un chalumeau en métal; et dans ce cas, le plus commode serait celui dont la forme se rapprocherait le plus de celle de la figure 9, tout en conservant les détails de l'embouchure, de l'ajutage et du bouchon du chalumeau de Lebaillif. Ce bouchon s'appliquerait à la paroi du réservoir sphérique, qui, dans l'acte de l'insufflation, est habituellement la paroi inférieure.

351. D'après tout ce qui précède, il sera facile de comprendre le parti que l'analyse des infiniment petits est dans le cas de tirer de l'emploi du chalumeau. Soit en effet la *lampe* (*lm'*, fig. 7, pl. 3) (339) dont la mèche (*m*) occupe l'extrémité opposée à la douille (*an*), qui sert à la fixer sur la tige (*tg*, fig. 6); soit un charbon (*cha*, fig. 7'), que l'on tient de la main gauche en face de la flamme, au moyen de la pince (*pn*); si de la main droite on amène le bec (β) du chalumeau (fig. 8) vers la face opposée de la flamme, et qu'on souffle par l'embouchure (α), la flamme sera projetée sur le charbon dans la direction du bec du chalumeau, et elle aura proportionnellement alors la puissance de la flamme d'un feu de forge; or si, sur le charbon, se trouve une parcelle d'un métal ou autre corps fusible à de hautes températures, on reproduira, sur cette parcelle, tous les effets que, sur des masses plus considérables, on n'obtient qu'à la faveur de *hauts-fourneaux*.

352. Le procédé, comme on le voit, n'est pas compliqué; mais l'art de l'employer est un de ces arts pratiques qui demandent une certaine habitude, dont les préceptes d'un livre ne sauraient jamais tenir lieu. Tout le monde est apte à souffler au chalumeau, mais chacun n'y souffle pas aussi impunément pour sa poitrine, ni aussi heureusement pour le succès de l'opération. L'habileté, en ceci comme en toute chose, est de dépenser peu et de produire davantage; le souffleur habile est celui qui est dans le cas de suffire à une longue et continue insufflation, sans faire plus d'efforts que par la respiration ordinaire. Cet effet, il l'obtient en respirant par les narines, et en insufflant par le jeu des muscles de la joue, qui font en cette circonstance l'office de soufflet. En débutant dans cet art, on éprouve toujours une difficulté pénible, parce que les mouvements de ces muscles ne suivent pas les mouvements alternatifs des muscles pectoraux, les mouvements qui produisent alternativement l'*expiration* et l'*aspiration*.

353. Nous ne conseillerons donc pas à tous les observateurs d'animer leur chalumeau avec le souffle de leur poitrine; car nous savons mieux que personne, et à nos dépens, que toutes les poitrines, même les plus robustes, ne se prêtent pas également à un exercice aussi fatigant. D'un autre côté l'emploi du chalumeau ordinaire condamnant les deux mains au rôle de simples supports, prive l'observateur des deux plus puissants leviers que la nature ait accordés à l'adresse de l'homme; et l'on a plus d'une fois à regretter, dans le cours des essais de ce genre, de n'avoir pas à sa disposition un seul doigt de la main, pour diriger un mouvement, et pour prévenir une circonstance malencontreuse. Un appareil qui laisserait à l'opérateur le libre usage de ses deux mains, tout en lui permettant d'activer la flamme, et cela sans fatiguer sa poitrine, centuplerait les applications pratiques du chalumeau ordinaire.

354. C'est le but qu'on s'est proposé dans la construction

de la *table d'émailleur*, c'est-à-dire de la table qui sert de temps immémorial aux *émailleurs sur verre et sur métaux*. C'est une table ordinaire munie tout autour d'un petit rebord qui arrête les objets susceptibles de rouler. Au-dessous est disposé un soufflet à deux âmes, que l'on met en mouvement au moyen d'une pédale, et qui donne ainsi un courant d'air continu, que l'on dirige à travers un canal, dont l'extrémité se coude, au-dessus de la table, en forme du bec du chalumeau ordinaire. On place, en face de l'orifice, une lampe plate en fer-blanc, munie d'une grosse mèche à la hauteur du bec. On anime le gros soufflet avec le pied, et les deux mains de l'opérateur, assis contre la table, peuvent de la sorte présenter l'objet à la flamme par toutes ses faces, et en combinant tous les genres de mouvements et d'efforts.

355. C'est sur ce modèle que quelques observateurs du siècle passé ont construit des *chalumeaux* à insufflation artificielle. Nazen imagina d'adapter, au bec d'un chalumeau fixé sur une table, une vessie remplie d'air atmosphérique, que l'on comprime entre les genoux, et que l'on gonfle, à mesure qu'elle se vide, en soufflant au moyen d'un tube muni d'un robinet.

356. Danger, l'un de nos plus habiles *souffleurs* (*), a perfectionné cet appareil de la manière la plus heureuse. La fig. 9, pl. 2, en représente les détails au simple trait. Le support de ce chalumeau est une griffe en bois (*gr*), qui s'applique contre le bord d'une table (*t*), au moyen de la vis de pression également en bois (*v*). Cette pièce est traversée d'un conduit, dans l'extrémité supérieure duquel s'adapte le bec du chalumeau en verre (*aj*), et dont l'extrémité inférieure se termine par un autre tube en verre, dont l'orifice (*or*) descend jusqu'au milieu environ de la capacité de la vessie de cochon (*ve*), qui

(*) On désigne plus spécialement sous ce nom l'artiste qui s'occupe de souffler le verre pour les instruments de physique et de chimie; les *émailleurs* sont ceux qui soufflent les bijoux, les joujoux d'enfants et les objets de verroterie.

sert de réserv et de soufflet. Cette vessie peut être remplacée par un sac de cuir à fortes coutures; elle s'applique exactement sur toute la surface inférieure de la griffe (*gr*). A la partie postérieure de celle-ci est une saillie, contre laquelle se fixe un autre tube, dont on saisit l'embouchure (*em*) avec la bouche, toutes les fois qu'il est nécessaire de remplir la vessie d'une nouvelle quantité d'air. A la base de ce tube est située une petite soupape (*sp*), qui donne issue à l'air insufflé, et s'oppose au passage de l'air que l'on chasse en comprimant la vessie. L'observateur assis contre la table sur laquelle est fixé l'instrument, ayant rempli d'air la vessie (*ve*) en insufflant par le tube (*em*), la comprime entre ses genoux, afin d'animer la flamme (*fl*) du petit chandelier (*ch*), en face de laquelle est placé l'ajutage (*aj*); et pour que la flamme se maintienne à la même hauteur, pendant toute la durée de l'opération, l'artiste a eu la précaution de disposer, dans l'intérieur du tube, une spirale, qui presse, en guise de ressort, la chandelle, contre l'orifice qui ne donne passage qu'à la mèche.

357. Pour les opérations autres que les opérations minéralogiques, le chandelier est remplacé par une *lampe d'émailleur* (*), dont la forme est celle de la pl. 2, fig. 8. La construction en est aussi simple que la plupart des lampes ordinaires; mais celle-ci a l'avantage de donner moins de fumée que les autres, de moins soustraire l'objet à la vue, et de

(*) Il est des circonstances qui demandent une flamme si pure de fumée, que l'on a été obligé de remplacer la lampe à huile par la lampe à esprit-de-vin. La lampe représentée par la fig. 35, pl. 1, remplit très bien cette condition. Elle se compose d'un flacon à deux tubulures, l'une supérieure, et l'autre ouverte vers la base et sur la paroi du vase. A celle-ci s'adapte un tube de verre communiquant avec le petit vase (*lm*) qui doit servir de lampe. On emplit le premier flacon d'alcool (*al*), et on le bouche avec un bouchon de liége traversé par un tube de verre (*t*) qui plonge dans l'alcool. La combustion (*fl*) attire l'alcool vers la lampe (*lm*). et le tube (*t*) permet à l'air de s'introduire, à fur et mesure que l'alcool s'écoule, afin de maintenir le niveau constant par une pression constante.

pouvoir être nettoyée avec plus de facilité; car le chapiteau (*ch*), en s'abattant sur la mèche (*fl*), ramène la fumée sur la flamme, la force de se consommer au profit de la combustion, et dispense ainsi de l'usage des hottes portatives, que les souffleurs placent au-dessus de la lampe, pour conduire au dehors ou dans le manteau de la cheminée de l'appartement, les fumées oléagineuses de leurs lampes. La dépense de ce chalumeau à tubes de verre, avec son chandelier et sa lampe fumivore, est de douze francs, prix bien inférieur à celui des bons chalumeaux de forme ordinaire. Sous le rapport de la durée et de la solidité, il ne laisse rien à désirer, si l'on a soin d'en munir le bec d'un *ajutage en platine* (*ai*); et il se prête, avec un égal succès, et aux essais métallurgiques que l'on désigne sous le nom d'*essais d'analyse par la voie sèche*, et au travail des instruments en verre, dont on est si souvent obligé de modifier la forme pour les besoins du laboratoire.

358. Ustensiles de l'analyse par la voie sèche au chalumeau. Ces ustensiles ne sont ni nombreux ni d'une dimension bien grande; et pourtant aucune réaction en grand ne serait dans le cas de révéler la présence d'aussi petites quantités de substances et en si peu de temps. Un simple petit morceau de charbon bien brûlé sert de support à la parcelle de substance que l'on veut fondre; on le tient au niveau du jet de la flamme, entre les crochets d'une pince à manche de bois (pl. 3, fig. 7') (*). On préfère le charbon de pin à défaut de celui de saule, qui est préférable à tous les autres. Les charbons provenant des bois à texture compacte, celui de hêtre et de chêne par exemple, donnent trop de cendres, et leurs cendres sont trop ferrugineuses; leur contact ne manquerait pas d'altérer la pureté des réactions. C'est sur la base supérieure de ce cylindre charbonné qu'on plaçait anciennement,

(*) Cette pince se compose de deux branches courbes à leur sommet (α), et que l'on rapproche l'une de l'autre à volonté, en faisant glisser l'anneau (β) dans lequel la tige est enchâssée.

avec une petite lame d'acier, la parcelle de substance à essayer, et le fondant qui devait lui servir de menstrue (44); on projetait la flamme sur ce mélange en poudre. et l'on obtenait un globule dont la coloration, pendant la fusion et après le refroidissement, donnait le caractère de la substance cherchée.

359. Dans le cas où le contact du charbon nuisait à la réaction qu'on avait besoin de produire, on se servait de petites cuillers de platine, que l'on remplaça ensuite par de petites capsules du même métal, ayant la forme et les dimensions de celle de la fig. 16, pl. 1; elles servaient de récipient aux substances d'essai. Gahn imagina un appareil qui, en certaines circonstances et avec une petite modification, a encore aujourd'hui un genre d'utilité. C'est un fil de platine de deux pouces et demi environ de longueur, qu'il recourbait par un bout, en forme de crochet. Ce crochet servait de support à la pâte, et retenait le globule vitrifié après le refroidissement. En tournant ce fil de platine en cul de lampe, comme l'indique la fig. 16, pl. 3 (*pl*), ce petit appareil peut servir de support aux grandes comme aux plus petites quantités de substances, et il retient d'une manière plus sûre la pâte, pendant toute la durée de la fusion. Le bout horizontal (*α*) est tenu par une pince.

360. Mais l'ancien procédé, tel que nous venons de le décrire, exigeait, pour que la réaction fût lisible, que la masse soumise à l'essai se prît en un globule vitrifié, résultat qui, pour être petit à la vue, n'exige pas moins de grands efforts d'insufflation; et après tant de fatigue, le caractère que l'on cherchait à deviner ne se trouvait qu'à la surface, ou ne s'apercevait qu'à travers jour. Lebaillif imagina, par suite de cette considération, de multiplier la surface, qui suffit à l'indication du caractère, aux dépens de l'épaisseur, qui offre plus d'inconvénient que d'utilité; il étendit la vitrification au lieu de la tourner en globule; et il se servit à cet effet de petites coupelles de 4 lignes au plus de diamètre (pl. 3, fig. 16,

co), qu'il fabriquait de la manière suivante. Il pulvérisait dans un mortier d'agate, de la porcelaine blanche et des débris de terre de pipe, il mêlait les deux poudres, et obtenait par la lévigation une pâte homogène et faisant corps avec l'eau; il l'étendait en une couche d'égale épaisseur sur une table, et au moyen d'une règle percée d'un certain nombre de trous d'égal diamètre, il en tirait, comme par un emporte-pièce, tout autant de petites rondelles qu'il avait de pâte à employer. Il appliquait ensuite une grosse bille d'enfant sur la surface de ces petites rondelles, pour les rendre légèrement concaves, et les faisait sécher dans un creuset sur un fourneau, jusqu'à ce qu'elles eussent repris une belle blancheur. Il conservait ces coupelles empilées dans des tubes de verre fermés à la lampe, et bouchés avec un liége. Chacune d'elles est destinée à un essai; à cet effet on place la substance et son réactif en poudre sur la coupelle, qui elle-même se place sur le charbon ordinaire (358); on projette la flamme sur le mélange, qui s'étend peu à peu sur la coupelle en fondant; une fois la fusion complétée, on laisse refroidir spontanément ce petit appareil, et on note la coloration qu'a pris le verre, en s'étendant comme une croûte légère, ou plutôt comme un émail, sur la surface de la coupelle. On enlève alors la coupelle avec une pince, et on la dépose pour mémoire sur une capsule en porcelaine avec son numéro d'essai. On recommence l'opération avec une nouvelle coupelle et un nouveau réactif, jusqu'à ce que la liste des réactifs ordinaires ait été épuisée. Cette méthode a été adoptée généralement; et chacun tient aujourd'hui en réserve un certain nombre de ces petits ustensiles, qui offrent l'avantage inappréciable de ménager le temps, les poumons, et d'agrandir la surface des caractères que l'on veut peindre à l'œil.

361. Ce chapitre n'étant consacré qu'à la description des instruments et des appareils, nous renvoyons à un chapitre spécial ce qui concerne l'art d'observer au chalumeau.

362. TRAVAIL DU VERRE DANS L'INTÉRÊT DES EXPÉRIENCES EN ETIT. L'art de souffler le verre est une branche de la manipulation, laquelle ne doit être tout-à-fait étrangère à aucune des ersonnes qui s'occupent de chimie. Sa puissance est restreinte u diamètre d'un tube de verre; mais avec ce peu de chose, on génie opère les plus jolies et les plus utiles transformaions. Dans un ouvrage où les manipulations en petit sont apelées à occuper une si grande place, nous ne saurions nous lispenser d'entrer dans quelques détails sur la fabrication du oufleur.

363. Les tubes de verre ou de cristal que l'on emploie comme matière première de cet art, ont ordinairement un nètre de long, et affectent tous les calibres. Ils doivent être lroits et également cylindriques à l'intérieur et à l'extérieur, c'est-à-dire offrant sur toute leur longueur le même diamètre et la même épaisseur. La substance doit en être d'une belle au, sans pierres, sans stries. Le verre blanc, connu dans le commerce sous le nom de *cristal*, offre l'avantage d'une fusion plus facile; mais il noircit au contact d'une certaine portion de la flamme, à cause de l'action de la fumée sur l'oxide de plomb qui entre dans la composition de sa pâte; on ne s'en sert jamais pour la confection des instruments destinés à contenir l'hydrogène sulfuré, ou les hydro-sulfures, etc.; on le destine aux instruments de luxe, aux baromètres, thermomètres, etc.

364. Quant à la lampe, on y brûle de l'huile de colza épurée, que l'on conserve à l'abri du contact de l'air avant et après chaque opération; les mèches sont en coton neuf, souple, non *éventé* à l'air; leur grosseur est au diamètre de l'orifice du bec du chalumeau, dans le rapport de 24 à 1, en sorte qu'elle ait environ 1 pouce, quand l'orifice est de $\frac{1}{2}$ ligne.

365. La flamme produite par l'insufflation apparaît sous forme d'un cône bleuâtre suivi d'une lueur vive, mais indéterminable, qui termine le jet et donne la chaleur la plus élevée. L'extrémité du cône bleuâtre a une grande propriété

désoxidante, à cause de la quantité de gaz combustibles qui s' accumulent; l'extrémité au contraire du jet le plus violen libre de tout corps combustible, oxide les métaux qui là se trouvent en contact qu'avec l'oxigène atmosphérique.

366. Ces circonstances étant prises en considération, nettoie l'orifice du porte-vent avec une petite aiguille, rafraîchit la mèche de toutes les portions charbonnées, on taille carrément, on la partage en deux faisceaux principau assez écartés pour permettre au courant d'air que l'on dir entre eux, d'effleurer leur surface.

367. On essuie les tubes de verre de l'humidité et de poussière, soit avec un linge, soit, lorsqu'ils sont de petit libre, en les présentant graduellement à un feu de charbon candescent, jusqu'à ce qu'on ait noirci et puis volatilisé tou les traces des impuretés de la poussière. Toutes les fois q s'agit d'exposer des tubes de verre au feu, on le fait, en approchant peu à peu, et en ayant soin de les retourner leur axe entre les deux mains, de manière à répartir la c leur sur toute la circonférence. On prend les mesures et divisions commandées par le genre d'ouvrage qu'on veut p duire. Cela fait, on applique la flamme sur l'endroit écha qu'il s'agit de ramollir par la fusion, on retourne vivemen tube sur lui-même, en le tenant horizontalement fixe avec deux mains, l'avant-bras appuyé sur le rebord de la tal et dès que le ramollissement offre le caractère voulu, on p cède au travail du tube. Lorsque la pâte du verre est arri au *rouge-brun*, on peut *courber*, *couder*, *étrangler*, *effi* ou *couper aux ciseaux* les tubes; pour les *souffler*, les *scel* les *évaser*, les *percer*, il faut que le ramollissement ait teint le degré de chaleur indiqué par le *rouge-blanc*.

368. Pour *courber* et *couder* un tube, il suffit de rapp cher ou éloigner les deux extrémités avec les mains; on p même ainsi les tourner en spirale et en vis d'Archimède.

369. On *étrangle* un tube de verre par le même proc qu'on l'*effile*, seulement on l'étire moins. On *effile* un t

t à son milieu s... à l'une de ses extrémités, en amenant la ion au *rouge-cerise*. On ôte alors le tube, on en tire les ıx extrémités en sens contraire, mais horizontalement, de nière que la pointe des cônes opposés qui terminent la por-n effilée soit dans l'axe du cylindre du tube. Le tube en roidissant est ainsi effilé au milieu; si l'on coupe le tube s le sommet de l'un des cônes, on a une extrémité effilée. is on peut aussi effiler l'extrémité d'un tube, en l'amenant rouge-cerise, le pinçant avec la pointe des brucelles, et tirant dans le sens contraire à la main qui tient le tube r l'autre extrémité.

370. Si l'on désire former un bourrelet de chaque côté de *tranglement*, on rapproche brusquement pendant la fusion, deux portions de tube que l'étranglement sépare, et on le tire du feu, pour le laisser refroidir dans cet état.

371. On *borde* les tubes, en les usant à la lime, ou en posant les orifices tranchants à la flamme, jusqu'à ce que bords en soient émoussés. Si l'on vent que les bords en ient saillants, on en élargit l'ouverture, en y promenant un métallique, et l'on appuie brusquement cette portion sur plan horizontal, pendant que la pâte est encore molle.

372. On *coupe* aux ciseaux ordinaires un tube ramolli, et lui refait l'ouverture avec un cylindre métallique. Pendant ramollissement, on coupe tout aussi nettement les tubes de rre d'un petit calibre, en pratiquant une entaille circulaire la lime ou au diamant, ou même avec un seul morceau de erre à fusil. On pince ensuite le tube avec les deux mains, ssi près que l'on peut de l'entaille, et on le casse net en t endroit, en le coudant brusquement. Mais ce procédé ne urait s'appliquer aux vases d'un certain calibre, dont on a esoin de diminuer la capacité, ou de régulariser l'orifice. n a donné divers procédés pour arriver à ce résultat. Les ns conseillent de pratiquer une entaille tout autour du vase vec une lime ou un diamant, et de loger dans l'entaille un il trempé dans l'huile de térébenthine, qu'on allume par le

bout libre; la flamme, en se communiquant rapidement sur toute la longueur du fil, produit en cet endroit la séparation nette des deux moitiés du vase. D'autres remplacent le fil trempé dans l'huile de térébenthine, par un charbon allumé ou un fil de fer rougi au feu, dont ils promènent rapidement la pointe tout autour de l'entaille préalablement humectée d'eau. Mais le charbon et le fer s'éteignent à moitié chemin, et l'on casse ainsi le verre autrement qu'on ne le désire. Pour parer à cet accident on a imprégné le charbon taillé en forme de crayon, avec des substances capables d'en activer la combustion.

Gahn fabriquait des petits bâtons cylindriques, du calibre d'une plume à écrire, avec un mélange de dix gros de gomme arabique, dissoute dans deux onces d'eau, d'une demi-once de gomme adragante dissoute dans quatre onces d'eau, de deux gros de styrax calamite (*styrax officinale*), dissous dans une demi-once d'alcool à 0,83; d'une demi-once de benjoin dissoute dans $\frac{3}{4}$ d'once d'alcool au même degré, et de trois onces à trois onces et demie de charbon de bois de pin ou de saule pulvérisé et passé au tamis de soie; mélange qu'il travaillait dans un mortier de fer, jusqu'à ce que le tout fût pris en une masse compacte et homogène, qu'il moulait enfin en crayons, entre deux planches saupoudrées de charbon, et qu'il laissait sécher à l'air sous cette forme. Mais évidemment, ce mélange renferme au moins deux ingrédients qui ne contribuent en rien, ou pour bien peu de chose, à l'effet que l'on produit avec les autres. Quoi qu'il en soit, Gahn retirait les plus heureux effets de l'emploi de ces petits crayons qu'il promenait, allumés par un bout, dans la fente où il devait produire une solution de continuité, entre les deux portions du vase.

373. A la faveur de l'un ou l'autre de ces procédés, on peut retirer d'un matras, d'un ballon (40), et d'une cornue de verre (194), qui se sont fêlés au feu, des capsules (164) d'une qualité d'autant supérieure aux capsules du commerce,

les parois de ces vases soufflés sont en général d'une pâte homogène et d'une plus faible épaisseur.

74. Danger indique un procédé qui paraît lui avoir tou-s réussi, pour enlever des portions circulaires de verres, araies, de cloches, etc. Il remplit le vase d'un bain d'huile u'au niveau où il désire opérer la solution de continuité; ose le tout dans un endroit aéré; puis, il plonge dans ile, jusqu'à la profondeur environ d'un demi-pouce, une de fer, rougie au feu, d'un pouce environ de diamètre; ile qui s'échauffe se rend violemment à la surface du bain, ı différence brusque qui s'établit à ce niveau entre la por-ı inférieure de l'huile, et la couche intérieure de l'air osphérique, fait que la solution de continuité des parois rase s'opère avec l'horizontalité tracée par le niveau du ı. Il est un phénomène qui a peu fixé l'attention, quoi-l ne soit pas rare, et que l'on pourrait, il nous semble, tre à profit pour obtenir le résultat dont nous parlons. rrive fréquemment de voir des *verres à boire* casser ıtanément sur la cheminée, avec une grande netteté et explosion argentine de fêlure, quoiqu'aucun mouvement l'air et aucun choc n'aient donné lieu à cet accident. On roduit ce phénomène, si l'on enduit de persil, ou de divers aits, et même de certains sels, une portion des parois du ı, l'autre restant pure et nette, et que l'on expose le ı à une brusque évaporation, soit en le posant sur une ltre, soit en le transportant d'un endroit frais dans un en-it chaud, *et vice versâ*; on ne tarde pas à entendre le ne bruit, et à remarquer le même genre de cassure sur parois du verre. Ce phénomène, dans tous ces cas, est aux effets de l'évaporation, qui place brusquement les ıx portions du vase dans deux températures différentes. Or, ous semble qu'en se livrant à quelques essais, on arrive-ı à trouver des règles constantes d'application de ce phé-nène au but que nous venons de signaler.

375. On *souffle* les tubes de verre, pour les enfler en boules sphériques ou cylindriques sur une portion quelconque de leur longueur, ou pour les terminer par une boule destinée à servir de matras à l'ébullition, ou de réservoir à un liquide.

Pour souffler une boule à l'extrémité d'un tube, on commence par le *sceller*, c'est-à-dire par le fermer à la flamme de la lampe, et l'on amasse à ce point autant de matière qu'on pense en avoir besoin pour opérer l'expansion de la boule. Lorsque le bout est complétement scellé et arrondi en bouton, on élève la température au *rouge-blanc*, en continuant de tourner vivement le tube entre les doigts; on le retire de la flamme, en continuant encore à le retourner vivement dans une position horizontale. On souffle au plus vite avec la bouche par l'extrémité ouverte du tube, jusqu'à ce que la boule ait acquis le volume cherché, sauf à recommencer, si à la première fois on n'y est pas parvenu. Pour souffler les boules des tubes thermométriques, on adapte à l'extrémité ouverte, une bouteille de caoutchouc qu'on presse de la main droite, en tenant le tube de la gauche. On produit aussi des ampoules, par la seule dilatation de l'air atmosphérique, qu'on a eu la précaution d'emprisonner hermétiquement dans la capacité d'un tube; il suffit pour cela de tourner dans la flamme l'extrémité qu'on désire enfler en boule.

376. Si la boule doit être produite sur une portion quelconque de la longueur d'un tube, et non à l'une ou l'autre de ses extrémités, on prend un tube parfaitement calibré, à parois de 1 à 2 millimètres environ; on en ramollit deux zones aussi rapprochées que l'exige le diamètre de la boule qu'on veut effectuer, et à l'instant favorable du ramollissement, on l'étire de part et d'autre en deux pointes, en observant que les deux pointes se trouvent sur l'axe du cylindre; on a alors un *cylindre entre deux pointes*. On coupe les pointes avec un silex, à quelques pouces de leur base, et l'on en *scelle* une (375); on soumet le cylindre au ramollissement qu'exige la

confection des boules, et on le gonfle en tournant avec beaucoup de vitesse. Cela s'appelle *souffler une boule entre deux pointes.*

377. Lorsqu'au lieu d'un réservoir sphérique (pl. 3, fig. 9, *δ*) on a besoin d'un réservoir cylindrique, comme dans les pipettes du commerce, on reprend la boule soufflée entre deux pointes, on la soumet à un nouveau ramollissement; et en l'étirant, on l'allonge en olive.

378. *Evaser*, c'est agrandir l'ouverture d'un tube en entonnoir ou en cloche; on en soumet l'extrémité à la flamme jusqu'à un ramollissement convenable, et avec une alêne en fer, introduite dans l'ouverture ramollie, de toute la longueur qu'on désire donner à la cloche, on presse obliquement les parois en tournant le tube; on a alors un entonnoir conique. Les entonnoirs à mercure (pl. 3, fig. 24) se font au moyen d'une *boule à deux pointes* (376), dont on retranche une; on ramollit la boule, et on souffle pour l'évaser; si les bords n'en étaient pas réguliers, on les rafraîchirait *au ciseau* (372).

379. Pour *percer* une paroi de tube ou de boule, on *scelle* (376) l'une de ses extrémités, on dirige la pointe du jet enflammé sur la portion de surface qu'on a besoin de perforer, et lorsqu'on la voit arrivée au *rouge-blanc*, on retire promptement la paroi de la flamme, et l'on souffle fortement dans le tube; la force du souffle suffit pour faire crever la pâte en cet endroit; si l'ouverture n'est pas régulière, on la soumet de nouveau à la flamme pour la *border* (371).

380. On *soude* les tubes de verre entre eux, en rapprochant leurs extrémités respectives, les soumettant à la fois à la flamme, les refoulant l'une contre l'autre au moment de la fusion, et continuant de les présenter à la flamme, jusqu'à ce que les bords des deux ne fassent plus qu'une paroi commune; mais cela suppose deux tubes de même nature, et de même ca-

libre. On ne soude jamais bien le verre et le cristal. Si les tubes ne sont pas de même calibre, on cherche à donner le même diamètre aux deux extrémités, soit en les *évasant* (378), soit en *effilant* (369) celle du plus gros, et coupant la partie effilée juste à la zone qui présente le même calibre que l'extrémité du tube plus mince. Pour souder un tube sur la paroi latérale d'un autre tube, ou d'une boule, on a recours à des précautions analogues.

381. A l'aide de ces deux ou trois appareils du *souffleur* et de ce petit nombre de préceptes, il n'est pas de vases et d'instruments en verre de chimie, que l'on ne puisse confectionner, dans les dimensions qui n'exigent pas un feu de verrerie : *pipettes*, *chalumeaux en verre*, *tubes fermés à la lampe ou éprouvettes*, *tubes recourbés*, *tubes de sûreté* (220), *entonnoirs*, *petits ballons*, *petites cornues*, *serpentins en verre* (188), *allonges* (194), surtout enfin les instruments dont nous allons avoir à nous occuper à l'occasion des manipulations microscopiques.

CHAPITRE II.

APPAREILS POUR LES MANIPULATIONS AU MICROSCOPE.

382. Nous avons décrit, dans le chapitre précédent, les instruments et ustensiles qui suffisent à tous les genres de manipulations, que l'on peut aborder avec l'unique secours de la vision distincte ordinaire. Là se sont arrêtées les limites de l'observation, jusqu'à ce que l'art, fécondant les applications d'une découverte due au hasard, soit venu augmenter la portée de notre vue, et rendre accessibles à notre œil les images des objets que leur petitesse laissait inapercevables. L'invention des verres grossissants a ouvert un nouveau monde à l'observateur, et a enrichi nos classifications de plusieurs milliers de pe

tits êtres; elle va nous fournir le moyen de diminuer d'autant l'espace du laboratoire, et d'obtenir en quelques minutes, et sur un champ d'un millimètre environ, des résultats, qui exigeraient autrement des longues journées, une grande dépense de substances et d'appareils, et offriraient souvent bien moins de certitude et de précision.

383. Comme le sujet est neuf, et que l'introduction du microscope dans la *chimie organique* n'a été généralement adoptée que depuis la publication de notre dernier ouvrage, nous entrerons dans les plus grands détails, pour en faire comprendre la *théorie*, le *mécanisme*, et l'*emploi*.

§ I. THÉORIE DU MICROSCOPE.

384. N'ayant à traiter le sujet qui nous occupe que dans un but pratique, on ne doit pas craindre que nous visions à être aussi complets que dans un traité de physique. Nous nous abstiendrons en conséquence de donner des formules compliquées, qui seraient dans le cas d'effrayer la patience de la plupart de nos lecteurs, et nous nous appliquerons à mettre la démonstration à la portée de tout le monde. Nous n'emprunterons, au *Traité de la lumière*, que juste ce qu'il nous en faut, pour éclairer notre sujet spécial.

385. L'expérience démontre que, lorsqu'un rayon lumineux tombe sur une surface plane polie, sur la glace d'un miroir, par exemple, la portion de la lumière, qui parvient à notre vue, fait, avec la surface du miroir, le même angle que le rayon émané directement du corps lumineux, et que les deux rayons sont dans le même plan normal. Soit AB (fig. 1, pl. 4) cette surface polie, *c* un foyer lumineux quelconque; le rayon émané de ce corps se comportant, pour ainsi dire, à la manière des corps élastiques, sera réfléchi en partie, en tombant sur un point quelconque (*r*) de la surface, vers l'œil de l'observateur (*o*). Le trajet parcouru par ce rayon de *c* en *r*, se nommera le *rayon direct*, et le trajet parcouru par le

même rayon de *r* en *o*, se nommera *rayon réfléchi* ; le poin de la *surface réfléchissante* AB sera le *point d'incidence*. (si, à l'aide d'un cercle gradué, on mesure les angles comp entre les lignes *cr* et A*r* d'un côté, et les lignes *ro* et *r*B l'autre, on trouvera que les deux angles *cr*A et *or*B s parfaitement égaux ; il en serait évidemment de même en les angles *crn* et les angles *nro*. L'angle dont le *rayon dir* forme un des côtés, se nomme *angle d'incidence*, et c dont le *rayon réfléchi* forme un des côtés, se nomme an de *réflexion* ; on dit alors que l'*angle d'incidence* est toujo égal à l'*angle de réflexion*, et qu'ils se trouvent tous les d dans le même plan.

386. Mais l'image émanée du foyer lumineux *c* ne n apparait pas à la place occupée par le corps. Nous la voy dans le prolongement du *rayon réfléchi*, comme si le fo lumineux *c* se trouvait placé en *c'*, de manière que les gles A*rc* et A*rc'* soient égaux entre eux, et que *c* et *c'* so à une égale distance du point d'incidence *r*. C'est par une sion inhérente à la structure de notre vue, que, quelque b qu'ait été le rayon lumineux, nous ne voyons l'image qu'il a apporte, que dans le prolongement du rayon réfléchi, qui rive immédiatement à notre œil.

387. Les surfaces réfléchissantes absorbant une cert portion de la lumière incidente, l'image réfléchie ne sa jamais être aussi nette pour nous, que l'image qui nous ar rait directement du corps lui-même. Cependant l'habitud voir, et surtout la comparaison des corps environnants, que nous rapportons la place du corps observé, à une dist égale à la somme des rayons directs et réfléchis, en sorte la ligne *c'o* est égale à *cr* + *ro*.

388. Mais l'image réfléchie ne se trouvera pas, par rap à nous, dans la même position, que l'image qui nous arriv directement du corps ; elles seront au contraire opposées l à l'autre base à base. Car le rayon émané de la base *b* arri à l'œil *o'*, en vertu de la même loi que le rayon du somm

par suite de l'é de l'angle d'*incidence* et de l'angle de *réflexion*, et l'œil ne voyant les images que dans le prolongement du rayon réfléchi (ro'), il s'ensuivra que l'image de la base b nous apparaîtra en b'; et que l'image sera *renversée.*

389. Quant à la portion de lumière qu'absorbe le corps réfléchissant, elle n'est pas perdue tout-à-fait pour la vision, si le corps jouit d'une certaine transparence; on la retrouve en plaçant son œil derrière ce corps; et, dans certains cas, l'on peut voir l'objet, comme si rien ne s'interposait entre lui et notre vue. Mais l'expérience démontre qu'à travers ce corps transparent, qu'à travers cette glace, la marche du rayon lumineux ne suit plus la loi de la réflexion.

390. Soit, par exemple, une glace non étamée semblable, à surfaces parallèles (gl, fig. 2, pl. 4); si je l'interpose entre l'objet éclairé (c) et mon œil (o), de manière que l'œil et l'objet se trouvent aux extrémités d'une ligne, qui traverserait la glace perpendiculairement à ses deux surfaces, je vois l'objet à sa véritable place, et comme si je n'avais pas le verre devant les yeux. Si au contraire, j'abaisse mon œil de manière que les rayons émanés de l'objet tombent, pour arriver jusqu'à moi, obliquement sur la surface de la glace, je verrai alors ce corps hors de sa place réelle; et au lieu de me placer en o', où je le verrais sans l'interposition de la glace, je serai obligé d'élever mon œil en o'' pour l'apercevoir. Or, comme nous ne voyons les objets que dans le prolongement du rayon qui arrive immédiatement à notre vue, il s'ensuit que l'image du corps c m'apparaîtra alors en c'.

391. On a donné le nom de *réfraction*, à la loi qui produit le phénomène par lequel un rayon lumineux, en changeant de milieu, se brise, se *réfracte*, suivant différents angles; la formule de la *réfraction* est tout aussi rigoureuse que celle de la *réflexion*, et c'est elle qui sert de base à la théorie du microscope.

392. Le rayon lumineux (*), en passant d'un milieu un autre de densité différente (303), *se réfracte*, s'il t obliquement sur la surface de séparation. De même q boule lancée dans l'espace dévie de la direction qu'ell vait dans l'air, dès qu'elle pénètre dans l'eau; de mê rayon lumineux change de direction, en passant, par exe de l'air dans l'eau, de l'eau dans l'air, de l'eau dans le v et si ces divers milieux sont diaphanes, on peut aisément dre les rapports de la déviation. C'est par suite de ce que le bâton, en entrant dans l'eau, semble se coude surface; et que le fond d'un vase, que nous cachent le rois, lorsqu'il est vide, devient visible, lorsqu'on remplit pacité d'un liquide transparent.

Mais le rayon lumineux ne subit pas la moindre r tion, lorsque sa direction, en changeant de milieu confond avec la perpendiculaire abaissée sur la surfa séparation. Il continue sa route en ligne droite, pr comme s'il n'avait rencontré aucun obstacle sur son p (fig. 2, pl. 4, 390).

393. Le plan, par lequel passent le *rayon inciden* *rayon réfracté*, est toujours normal à la surface qui s les deux milieux, au point que traverse le rayon lumi et le rayon ne se réfracte jamais ni à gauche ni à de ce plan imaginaire.

(*) Les savants sont partagés sur la théorie de la lumière, c'est sur la manière, dont on peut se représenter le mouvement des ray mineux. Les uns admettent que la molécule lumineuse émane du lumineux, et arrive à notre œil d'un foyer de lumière; les autr contraire, que la lumière est une impression produite par les vib du corps lumineux, et par les ondulations de l'*éther* impondérable sont la conséquence. On désigne le premier système sous le n *théorie de l'émission*, et le second sous celui de *théorie des onda* C'est cette dernière que les physiciens français paraissent définitiv avoir adoptée. Mais nous nous servirons de la phraséologie de mière théorie, parce qu'elle se prête mieux aux démonstrations g ques, renvoyant la discussion des deux à la fin de cet ouvrage.

394. Le *sinus* (*) de l'angle que fait le rayon incident avec normale idéale au point d'incidence, est toujours, à l'égard s mêmes milieux, dans un rapport constant avec le *sinus* l'angle opposé, c'est-à-dire de l'angle que fait le rayon réacté avec la même normale prolongée à travers le milieu. Soit effet une capsule en moitié de sphère (pl. 4, fig. 3), et mplie, jusqu'au bord NN, d'un liquide quelconque. Si on ppose verticalement, et dans le sens du grand diamètre, un mi-cercle gradué (C), et que, par un point de la circonfénce, on fasse tomber obliquement, sur la surface NN, un ayon lumineux (*ra*); on trouvera que, quelle que soit l'ouverre de l'*angle d'incidence* formé par le rayon *ra* avec la norale *pa*, le sinus *rs* de cet angle est dans un rapport constant vec le sinus *r's'* de l'*angle de réfraction*, que forme le rayon fracté *ar'* avec la normale *ap'*; que, par exemple, si le rayon cident entre de l'air dans l'eau, et que le sinus de l'*angle d'incidence* soit 4, le sinus *de réfraction* sera à peu près 3; si le premier est 8, le second sera 6; si le premier est 9, le second sera 6,75, et ainsi de suite.

395. En passant d'un milieu quelconque dans un milieu en général plus dense, le rayon lumineux se rapproche de la normale, à la surface de séparation qui passe par le point d'incidence. En sortant au contraire de ce milieu, et en vertu de la même loi, le rayon lumineux s'éloigne de la même perpendiculaire. Or, comme les *sinus* de l'angle d'incidence et de l'angle de réfraction sont dans des rapports constants, il s'ensuit que si les surfaces du milieu réfringent sont parallèles, telles que celles d'une glace non étamée, le *rayon émergent* (*a'' a'* fig. 2) se trouvera parallèle au rayon incident (*ca*).

396. Ce rapport, que l'on nomme *indice de réfraction*, varie selon la nature des milieux, et sert à faire connaître les différences de *pouvoir réfringent*; les milieux les plus réfrin-

(*) Le *sinus* est la droite qui part de l'extrémité de l'un des côtés de l'angle, pour tomber perpendiculairement sur l'autre côté.

gents étant ceux qui rapprochent le plus de la normale le rayon réfracté (*). C'est à l'expérience à déterminer le pouvoir réfringent de chaque corps diaphane; c'est par cette voie que Newton a reconnu que le verre était plus réfringent que l'air, l'eau que le verre, le cristal de roche plus que le verre, l'eau de pluie plus que le cristal, la gomme arabique plus que l'eau, l'huile d'olive plus que la gomme arabique, l'huile de térébenthine plus que l'huile d'olive, le diamant plus que l'huile de térébenthine; le carbure de soufre qui est liquide a été plus tard reconnu plus réfringent que le diamant.

397. Ces lois principales de la réfraction étant ainsi posées, passons au parti qu'on peut en tirer pour augmenter la puissance de la vision.

Au lieu d'interposer, entre l'objet et notre œil, une plaque transparente à surfaces parallèles (390, fig. 2), supposons un prisme à section triangulaire (pl. 4, fig. 4 *bcd*); le rayon émané du sommet *f* de l'objet, arrivant perpendiculairement sur la face *bd*, traversera la substance du prisme sans déviation aucune; mais en entrant dans l'air, au sortir de la surface *bc*, il s'éloignera de la normale *n* (395), et arrivera dans cette direction à l'œil de l'observateur. Le rayon *t* n'éprouvera aucune déviation en pénétrant dans la substance du prisme en *e*, ni au sortir du prisme en *c*, parce que là il se confondra avec la normale même, et il arrivera en droite ligne à l'œil de l'observateur, à quelque distance que celui-ci se place. Le rayon *f'*, émané de la base de l'objet, suivra, en entrant dans la substance du prisme et en passant dans l'air, la même déviation, mais en sens inverse, que le rayon émané du sommet, trouvant partout sur son passage les mêmes conditions que celui-

(*) Lorsqu'on veut mesurer le pouvoir réfringent d'un liquide ou d'un gaz, on construit des prismes à trois faces et creux, en assemblant par les bords trois lames d'égale épaisseur d'un verre à glace, et fermant les bases par deux autres lames de verre. On remplit la capacité de ce vase du liquide ou du gaz donné, et on observe la réfraction du rayon lumineux, comme à travers un prisme solide.

i. Il viendra donc converger et se réunir à lui, à une distance uelconque déterminée par la puissance de la réfraction ; et l'œil se place à ce point de la convergence, il recevra l'image réfractée de l'objet *ff'*. Mais comme nous ne voyons ne dans le prolongement du rayon qui arrive immédiatement à otre vue (386), il s'ensuit que nous apercevrons le sommet *f* e l'objet en *i*, et sa base *f'* en *i'*, c'est-à-dire que nous errons l'objet sous un angle plus grand qu'à la vue simple ; ous dirons alors que le prisme a *grossi* l'image de l'objet. e point *o*, où l'image devient distincte, c'est-à-dire où convergent les rayons émanés de l'objet *ff'*, se nomme le *foyer* u corps réfringent.

398. Il serait facile de démontrer, ce qu'apprend du reste ncore mieux l'expérience directe, qu'un tel prisme ne saurait transmettre à l'œil une image complète du corps observé. On obtiendra déjà de meilleurs effets, en remplaçant es surfaces planes *bc* et *cd* par une surface courbe, fig. 5, *bcd* ; mais cette forme, en segment de cylindre, ne grossira, d'une manière assez nette, que l'image de l'une des dimensions de l'objet, de la dimension qui se trouvera dans le plan parallèle à la base du cylindre, et par conséquent il altérera les formes de l'objet observé. Si l'on veut faire converger au même point les rayons émanés de toute la surface de l'objet, l sera nécessaire de remplacer la forme cylindrique par un segment de sphère, dont la fig. 5 *bcd* donne le profil. Or, comme les surfaces courbes sont assimilables aux surfaces d'un polyèdre à un nombre infini de faces, pour avoir la normale *nn'* au point d'émergence du rayon qui aura traversé ce corps réfringent, il me suffira de prendre la tangente *t* au rayon qui aboutit au point d'émergence, et j'aurais, de cette manière, pour évaluer l'angle de réfraction, les mêmes données que lorsqu'il ne s'agissait de le mesurer que sur des prismes à surfaces planes (397).

399. Si, au lieu d'un prisme à trois faces (fig. 4, pl. 4) on en accolait deux par leur base *bad*, de manière à obtenir

le prisme à quatre pans symétriques (fig. 6), on trouve que le rayon *f*, émané du sommet de l'objet, a deux fractions à subir (392): la première en tombant obliquem sur la surface *ba* du prisme, et la seconde en sortant o quement de la surface *bc* du prisme; qu'il en est de mêm quoiqu'en sens inverse, pour le rayon (*f'*) émané de base de l'objet; qu'ainsi le rayon réfracté s'est éc deux fois de la direction en ligne droite *ff* et *f'f'*, q aurait parcourue, sans l'interposition du prisme entre l'o et l'œil de l'observateur; qu'en conséquence il conve vers l'œil, sous un angle beaucoup plus ouvert que dan cas d'un seul prisme (397, fig. 4). Le prisme (fig. 6) g sira donc plus que la moitié du même prisme (fig. 4). Il sera donc de même du corps réfringent, dont la fig. 7 do la section normale en diamètre, par rapport à celui d la fig. 5 donne la même section, et qui n'est que la mo du premier.

400. D'un autre côté, on trouvera que le foyer (*o*), c' à-dire le point où convergent les rayons réfractés par sortes de corps, est plus éloigné de la surface chez le pri à trois pans (fig. 4), que chez le prisme à quatre pans (fig. et que partant la *distance focale* de ces corps sera d'aut plus courte que le grossissement sera plus fort.

Il est évident que chez le prisme (fig. 6) et la len (fig. 5), la *distance focale* sera la même, que l'on présente objets par une face ou par l'autre.

401. On comprendra facilement, si l'on s'applique à faire le tracé sur le papier, que deux circonstances différe sont dans le cas de rendre la *distance focale* des lent plus courte, et par conséquent le grossissement plus fort : deux circonstances sont la différence de courbure des faces, lorsque la substance a le même pouvoir réfringent la différence du pouvoir réfringent à égalité de courbure surfaces. Ainsi une lentille de verre grossira d'autant plus exigera que l'objet et l'œil soient placés d'autant plus]

de ses deux surfaces, qu'elles seront des segments d'une sphère d'un plus petit diamètre; et d'un autre côté, une lentille de diamant grossira beaucoup plus qu'une lentille de verre de même courbure qu'elle. La courbure fait que les rayons parallèles qui émanent de l'objet tombent plus obliquement sur la *tangente* au point d'incidence; et la supériorité du pouvoir réfringent, en rapprochant davantage le rayon réfracté de la normale, fait qu'il converge vers un point plus rapproché.

402. Les lentilles dont on se sert, pour réfracter les rayons lumineux, se désignent par les dénominations de leurs deux surfaces : on appelle *lentilles plano-convexes*, les lentilles composées d'une surface plane et d'une surface convexe (pl. 4, fig. 5, *b c d*); *lentilles bi-convexes*, les lentilles dont les deux surfaces opposées sont convexes (fig. 7, *a b c d*); *lentilles plano-concaves*, celles dont une surface est plane et l'autre concave (fig, 8) ; *lentilles biconcaves*, celles dont les deux surfaces opposées sont concaves (fig. 9) ; enfin *lentilles concavo-convexes* ou *ménisques*, celles dont une surface est concave et l'autre convexe (fig. 10). Les lentilles *biconvexes* et *plano-convexes* se désignent sous le nom de *verres convergents*; on désigne, sous le nom de verres *divergents*, les lentilles *biconcaves* et *plano-concaves*. Les premières grossissent les images, les secondes les rapetissent; ce dont on s'assurera facilement, en répétant, à l'égard des unes et des autres, les constructions géométriques que nous avons appliquées aux prismes, fig. 4, et 6, pl. 4. Les *ménisques* sont convergents ou divergents, selon que le rayon de courbure de la face convexe est moindre ou plus grand que celui de la face concave.

En général, dans la construction des microscopes, on ne fait usage que de verres *biconvexes* ou *plano-convexes*.

403. La *distance focale* d'une lentille convergente se dé-

libre. On ne soude jamais bien le verre et le cristal. Si les tubes ne sont pas de même calibre, on cherche à donner le même diamètre aux deux extrémités, soit en les *évasant* (378), soit en *effilant* (369) celle du plus gros, et coupant la partie effilée juste à la zone qui présente le même calibre que l'extrémité du tube plus mince. Pour souder un tube sur la paroi latérale d'un autre tube, ou d'une boule, on a recours à des précautions analogues.

381. A l'aide de ces deux ou trois appareils du *souffleur* et de ce petit nombre de préceptes, il n'est pas de vases et d'instruments en verre de chimie, que l'on ne puisse confectionner, dans les dimensions qui n'exigent pas un feu de verrerie : *pipettes*, *chalumeaux en verre*, *tubes fermés à la lampe ou éprouvettes*, *tubes recourbés*, *tubes de sûreté* (220), *entonnoirs*, *petits ballons*, *petites cornues*, *serpentins en verre* (188), *allonges* (194), surtout enfin les instruments dont nous allons avoir à nous occuper à l'occasion des manipulations microscopiques.

CHAPITRE II.

APPAREILS POUR LES MANIPULATIONS AU MICROSCOPE.

382. Nous avons décrit, dans le chapitre précédent, les instruments et ustensiles qui suffisent à tous les genres de manipulations, que l'on peut aborder avec l'unique secours de la vision distincte ordinaire. Là se sont arrêtées les limites de l'observation, jusqu'à ce que l'art, fécondant les applications d'une découverte due au hasard, soit venu augmenter la portée de notre vue, et rendre accessibles à notre œil les images des objets que leur petitesse laissait inapercevables. L'invention des verres grossissants a ouvert un nouveau monde à l'observateur, et a enrichi nos classifications de plusieurs milliers de pe-

its êtres; elle va fournir le moyen de diminuer d'autant l'espace du laboratoire, et d'obtenir en quelques minutes, et sur un champ d'un millimètre environ, des résultats, qui exigeraient autrement des longues journées, une grande dépense de substances et d'appareils, et offriraient souvent bien moins de certitude et de précision.

383. Comme le sujet est neuf, et que l'introduction du microscope dans la *chimie organique* n'a été généralement adoptée que depuis la publication de notre dernier ouvrage, nous entrerons dans les plus grands détails, pour en faire comprendre la *théorie*, le *mécanisme*, et l'*emploi*.

§ I. THÉORIE DU MICROSCOPE.

384. N'ayant à traiter le sujet qui nous occupe que dans un but pratique, on ne doit pas craindre que nous visions à être aussi complets que dans un traité de physique. Nous nous abstiendrons en conséquence de donner des formules compliquées, qui seraient dans le cas d'effrayer la patience de la plupart de nos lecteurs, et nous nous appliquerons à mettre la démonstration à la portée de tout le monde. Nous n'emprunterons, au *Traité de la lumière*, que juste ce qu'il nous en faut, pour éclairer notre sujet spécial.

385. L'expérience démontre que, lorsqu'un rayon lumineux tombe sur une surface plane polie, sur la glace d'un miroir, par exemple, la portion de la lumière, qui parvient à notre vue, fait, avec la surface du miroir, le même angle que le rayon émané directement du corps lumineux, et que les deux rayons sont dans le même plan normal. Soit AB (fig. 1, pl. 4) cette surface polie, *c* un foyer lumineux quelconque; le rayon émané de ce corps se comportant, pour ainsi dire, à la manière des corps élastiques, sera réfléchi en partie, en tombant sur un point quelconque (*r*) de la surface, vers l'œil de l'observateur (*o*). Le trajet parcouru par ce rayon de *c* en *r*, se nommera le *rayon direct*, et le trajet parcouru par le

même rayon de *r* en *o*, se nommera *rayon réfléchi*; le point *r* de la *surface réfléchissante* AB sera le *point d'incidence*. Or, si, à l'aide d'un cercle gradué, on mesure les angles compris entre les lignes *cr* et A*r* d'un côté, et les lignes *ro* et *r*B de l'autre, on trouvera que les deux angles *cr*A et *or*B sont parfaitement égaux; il en serait évidemment de même entre les angles *crn* et les angles *nro*. L'angle dont le *rayon direct* forme un des côtés, se nomme *angle d'incidence*, et celui dont le *rayon réfléchi* forme un des côtés, se nomme angle de *réflexion*; on dit alors que l'*angle d'incidence* est toujours égal à l'*angle de réflexion*, et qu'ils se trouvent tous les deux dans le même plan.

386. Mais l'image émanée du foyer lumineux *c* ne nous apparaît pas à la place occupée par le corps. Nous la voyons dans le prolongement du *rayon réfléchi*, comme si le foyer lumineux *c* se trouvait placé en *c'*, de manière que les angles A*rc* et A*rc'* soient égaux entre eux, et que *c* et *c'* soient à une égale distance du point d'incidence *r*. C'est par une illusion inhérente à la structure de notre vue, que, quelque brisé qu'ait été le rayon lumineux, nous ne voyons l'image qu'il nous apporte, que dans le prolongement du rayon réfléchi, qui arrive immédiatement à notre œil.

387. Les surfaces réfléchissantes absorbant une certaine portion de la lumière incidente, l'image réfléchie ne saurait jamais être aussi nette pour nous, que l'image qui nous arriverait directement du corps lui-même. Cependant l'habitude de voir, et surtout la comparaison des corps environnants, fait que nous rapportons la place du corps observé, à une distance égale à la somme des rayons directs et réfléchis, en sorte que la ligne *c'o* est égale à *cr* + *ro*.

388. Mais l'image réfléchie ne se trouvera pas, par rapport à nous, dans la même position, que l'image qui nous arriverait directement du corps; elles seront au contraire opposées l'une à l'autre base à base. Car le rayon émané de la base *b* arrivant à l'œil *o'*, en vertu de la même loi que le rayon du sommet *c*,

ar suite de l'égalité de l'angle d'*incidence* et de l'angle de *réflexion*, et l'œil ne voyant les images que dans le prolongement du rayon réfléchi (ro'), il s'ensuivra que l'image de la base b nous apparaîtra en b'; et que l'image sera *renversée*.

389. Quant à la portion de lumière qu'absorbe le corps réfléchissant, elle n'est pas perdue tout-à-fait pour la vision, si le corps jouit d'une certaine transparence; on la retrouve en plaçant son œil derrière ce corps; et, dans certains cas, l'on peut voir l'objet, comme si rien ne s'interposait entre lui et notre vue. Mais l'expérience démontre qu'à travers ce corps transparent, qu'à travers cette glace, la marche du rayon lumineux ne suit plus la loi de la réflexion.

390. Soit, par exemple, une glace non étamée semblable, à surfaces parallèles (gl, fig. 2, pl. 4); si je l'interpose entre l'objet éclairé (c) et mon œil (o), de manière que l'œil et l'objet se trouvent aux extrémités d'une ligne, qui traverserait la glace perpendiculairement à ses deux surfaces, je vois l'objet à sa véritable place, et comme si je n'avais pas le verre devant les yeux. Si au contraire, j'abaisse mon œil de manière que les rayons émanés de l'objet tombent, pour arriver jusqu'à moi, obliquement sur la surface de la glace, je verrai alors ce corps hors de sa place réelle; et au lieu de me placer en o', où je le verrais sans l'interposition de la glace, je serai obligé d'élever mon œil en o'' pour l'apercevoir. Or, comme nous ne voyons les objets que dans le prolongement du rayon qui arrive immédiatement à notre vue, il s'ensuit que l'image du corps c m'apparaîtra alors en c'.

391. On a donné le nom de *réfraction*, à la loi qui produit le phénomène par lequel un rayon lumineux, en changeant de milieu, se brise, se *réfracte*, suivant différents angles; la formule de la *réfraction* est tout aussi rigoureuse que celle de la *réflexion*, et c'est elle qui sert de base à la théorie du microscope.

392. Le rayon lumineux (*), en passant d'un milieu un autre de densité différente (303), *se réfracte*, s'il t obliquement sur la surface de séparation. De même q boule lancée dans l'espace dévie de la direction qu'ell vait dans l'air, dès qu'elle pénètre dans l'eau; de mê rayon lumineux change de direction, en passant, par exe de l'air dans l'eau, de l'eau dans l'air, de l'eau dans le v et si ces divers milieux sont diaphanes, on peut aisément dre les rapports de la déviation. C'est par suite de ce que le bâton, en entrant dans l'eau, semble se coude surface; et que le fond d'un vase, que nous cachent l rois, lorsqu'il est vide, devient visible, lorsqu'on remplit pacité d'un liquide transparent.

Mais le rayon lumineux ne subit pas la moindre r tion, lorsque sa direction, en changeant de milieu confond avec la perpendiculaire abaissée sur la surfa séparation. Il continue sa route en ligne droite, pr comme s'il n'avait rencontré aucun obstacle sur son pa (fig. 2, pl. 4, 390).

393. Le plan, par lequel passent le *rayon inciden* *rayon réfracté*, est toujours normal à la surface qui s les deux milieux, au point que traverse le rayon lumi et le rayon ne se réfracte jamais ni à gauche ni à de ce plan imaginaire.

(*) Les savants sont partagés sur la théorie de la lumière, c'est sur la manière, dont on peut se représenter le mouvement des ray mineux. Les uns admettent que la molécule lumineuse émane de lumineux, et arrive à notre œil d'un foyer de lumière; les autr contraire, que la lumière est une impression produite par les vib du corps lumineux, et par les ondulations de l'*éther* impondérable sont la conséquence. On désigne le premier système sous le n *théorie de l'émission*, et le second sous celui de *théorie des ondul* C'est cette dernière que les physiciens français paraissent définiti avoir adoptée. Mais nous nous servirons de la phraséologie de l mière théorie, parce qu'elle se prête mieux aux démonstrations g ques, renvoyant la discussion des deux à la fin de cet ouvrage.

194. Le *sinus* (*) de l'angle que fait le rayon incident avec ormale idéale au point d'incidence, est toujours, à l'égard mêmes milieux, dans un rapport constant avec le *sinus* l'angle opposé, c'est-à-dire de l'angle que fait le rayon ré-cté avec la même normale prolongée à travers le milieu. Soit effet une capsule en moitié de sphère (pl. 4, fig. 3), et plie, jusqu'au bord NN, d'un liquide quelconque. Si on pose verticalement, et dans le sens du grand diamètre, un mi-cercle gradué (C), et que, par un point de la circonfé-nce, on fasse tomber obliquement, sur la surface NN, un yon lumineux (*ra*); on trouvera que, quelle que soit l'ouver-re de l'*angle d'incidence* formé par le rayon *ra* avec la nor-le *pa*, le sinus *rs* de cet angle est dans un rapport constant ec le sinus *r's'* de l'*angle de réfraction*, que forme le rayon fracté *ar'* avec la normale *ap'*; que, par exemple, si le rayon cident entre de l'air dans l'eau, et que le sinus de l'*angle* incidence soit 4, le sinus *de réfraction* sera à peu près 3; le premier est 8, le second sera 6; si le premier est 9, le se-nd sera 6,75, et ainsi de suite.

395. En passant d'un milieu quelconque dans un milieu général plus dense, le rayon lumineux se rapproche de la rmale, à la surface de séparation qui passe par le point incidence. En sortant au contraire de ce milieu, et en vertu la même loi, le rayon lumineux s'éloigne de la même per-ndiculaire. Or, comme les *sinus* de l'angle d'incidence et de angle de réfraction sont dans des rapports constants, il s'en-it que si les surfaces du milieu réfringent sont parallèles, lles que celles d'une glace non étamée, le *rayon émergent* r'' a' fig. 2) se trouvera parallèle au rayon incident (*ca*).

396. Ce rapport, que l'on nomme *indice de réfraction*, rie selon la nature des milieux, et sert à faire connaître les fférences de *pouvoir réfringent*; les milieux les plus réfrin-

(*) Le *sinus* est la droite qui part de l'extrémité de l'un des côtés de l'angle, pour tomber perpendiculairement sur l'autre côté.

gents étant ceux qui rapprochent le plus de la norma rayon réfracté (*). C'est à l'expérience à déterminer le voir réfringent de chaque corps diaphane; c'est par cette que Newton a reconnu que le verre était plus réfringent l'air, l'eau que le verre, le cristal de roche plus que le v l'eau de pluie plus que le cristal, la gomme arabique plu l'eau, l'huile d'olive plus que la gomme arabique, l'huil térébenthine plus que l'huile d'olive, le diamant plus l'huile de térébenthine; le carbure de soufre qui est liq a été plus tard reconnu plus réfringent que le diamant.

397. Ces lois principales de la réfraction étant ainsi sées, passons au parti qu'on peut en tirer pour augment puissance de la vision.

Au lieu d'interposer, entre l'objet et notre œil, une pl transparente à surfaces parallèles (390, fig. 2), supposo prisme à section triangulaire (pl. 4, fig. 4 *bcd*); le rayon é du sommet *f* de l'objet, arrivant perpendiculairement s face *bd*, traversera la substance du prisme sans déviatio cune; mais en entrant dans l'air, au sortir de la surfac il s'éloignera de la normale *n* (395), et arrivera dans direction à l'œil de l'observateur. Le rayon *t* n'éprouver cune déviation en pénétrant dans la substance du prisme ni au sortir du prisme en *c*, parce que là il se confondra av normale même, et il arrivera en droite ligne à l'œil de l'o vateur, à quelque distance que celui-ci se place. Le rayo émané de la base de l'objet, suivra, en entrant dans la stance du prisme et en passant dans l'air, la même dévia mais en sens inverse, que le rayon émané du sommet, vant partout sur son passage les mêmes conditions que c

(*) Lorsqu'on veut mesurer le pouvoir réfringent d'un liquide ou gaz, on construit des prismes à trois faces et creux, en assemblant bords trois lames d'égale épaisseur d'un verre à glace, et ferm bases par deux autres lames de verre. On remplit la capacité de c du liquide ou du gaz donné, et on observe la réfraction du rayon neux, comme à travers un prisme solide.

ci. Il viendra donc converger et se réunir à lui, à une distance quelconque déterminée par la puissance de la réfraction ; et si l'œil se place à ce point de la convergence, il recevra l'image réfractée de l'objet *ff'*. Mais comme nous ne voyons que dans le prolongement du rayon qui arrive immédiatement à notre vue (386), il s'ensuit que nous apercevrons le sommet *f* de l'objet en *i*, et sa base *f'* en *i'*, c'est-à-dire que nous verrons l'objet sous un angle plus grand qu'à la vue simple ; nous dirons alors que le prisme a *grossi* l'image de l'objet. Le point *o*, où l'image devient distincte, c'est-à-dire où convergent les rayons émanés de l'objet *ff'*, se nomme le *foyer* du corps réfringent.

398. Il serait facile de démontrer, ce qu'apprend du reste encore mieux l'expérience directe, qu'un tel prisme ne saurait transmettre à l'œil une image complète du corps observé. On obtiendra déjà de meilleurs effets, en remplaçant les surfaces planes *bc* et *cd* par une surface courbe, fig. 5, *bcd* ; mais cette forme, en segment de cylindre, ne grossira, d'une manière assez nette, que l'image de l'une des dimensions de l'objet, de la dimension qui se trouvera dans le plan parallèle à la base du cylindre, et par conséquent il altérera les formes de l'objet observé. Si l'on veut faire converger au même point les rayons émanés de toute la surface de l'objet, il sera nécessaire de remplacer la forme cylindrique par un segment de sphère, dont la fig. 5 *bcd* donne le profil. Or, comme les surfaces courbes sont assimilables aux surfaces d'un polyèdre à un nombre infini de faces, pour avoir la normale *nn'* au point d'émergence du rayon qui aura traversé ce corps réfringent, il me suffira de prendre la tangente *t* au rayon qui aboutit au point d'émergence, et j'aurais, de cette manière, pour évaluer l'angle de réfraction, les mêmes données que lor[illegible] [illegible]'il ne s'agissait de le mesurer que sur des prismes à [illegible] faces planes (397).

399. Si, [illegible] lieu d'un prisme à trois faces (fig. 4, pl. 4) on en accolait deux par leur base *bad*, de manière à obtenir

le prisme à quatre pans symétriques (fig. 6), on trouverait que le rayon *f*, émané du sommet de l'objet, a deux réfractions à subir (392): la première en tombant obliquement sur la surface *ba* du prisme, et la seconde en sortant obliquement de la surface *bc* du prisme; qu'il en est de même, quoiqu'en sens inverse, pour le rayon (*f'*) émané de la base de l'objet; qu'ainsi le rayon réfracté s'est écarté deux fois de la direction en ligne droite *ff* et *f'f'*, qu'il aurait parcourue, sans l'interposition du prisme entre l'objet et l'œil de l'observateur; qu'en conséquence il converge vers l'œil, sous un angle beaucoup plus ouvert que dans le cas d'un seul prisme (397, fig. 4). Le prisme (fig. 6) grossira donc plus que la moitié du même prisme (fig. 4). Il en sera donc de même du corps réfringent, dont la fig. 7 donne la section normale en diamètre, par rapport à celui dont la fig. 5 donne la même section, et qui n'est que la moitié du premier.

400. D'un autre côté, on trouvera que le foyer (*o*), c'est-à-dire le point où convergent les rayons réfractés par ces sortes de corps, est plus éloigné de la surface chez le prisme à trois pans (fig. 4), que chez le prisme à quatre pans (fig. 6), et que partant la *distance focale* de ces corps sera d'autant plus courte que le grossissement sera plus fort.

Il est évident que chez le prisme (fig. 6) et la lentille (fig. 5), la *distance focale* sera la même, que l'on présente les objets par une face ou par l'autre.

401. On comprendra facilement, si l'on s'applique à en faire le tracé sur le papier, que deux circonstances différentes sont dans le cas de rendre la *distance focale* des lentilles plus courte, et par conséquent le grossissement plus fort : ces deux circonstances sont la différence de courbure des surfaces, lorsque la substance a le même pouvoir réfringent, et la différence du pouvoir réfringent à égalité de courbure des surfaces. Ainsi une lentille de verre grossira d'autant plus, et exigera que l'objet et l'œil soient placés d'autant plus près

de ses deux surfaces, qu'elles seront des segments d'une sphère d'un plus petit diamètre; et d'un autre côté, une lentille de diamant grossira beaucoup plus qu'une lentille de verre de même courbure qu'elle. La courbure fait que les rayons parallèles qui émanent de l'objet tombent plus obliquement sur la *tangente* au point d'incidence; et la supériorité du pouvoir réfringent, en rapprochant davantage le rayon réfracté de la normale, fait qu'il converge vers un point plus rapproché.

402. Les lentilles dont on se sert, pour réfracter les rayons lumineux, se désignent par les dénominations de leurs deux surfaces : on appelle *lentilles plano-convexes*, les lentilles composées d'une surface plane et d'une surface convexe (pl. 4, fig. 5, *b c d*); *lentilles bi-convexes*, les lentilles dont les deux surfaces opposées sont convexes (fig. 7, *a b c d*); *lentilles plano-concaves*, celles dont une surface est plane et l'autre concave (fig, 8) ; *lentilles biconcaves*, celles dont les deux surfaces opposées sont côncaves (fig. 9) ; enfin *lentilles concavo-convexes* ou *ménisques*, celles dont une surface est concave et l'autre convexe (fig. 10). Les lentilles *biconvexes* et *plano-convexes* se désignent sous le nom de *verres convergents*; on désigne, sous le nom de verres *divergents*, les lentilles *biconcaves* et *plano-concaves*. Les premières grossissent les images, les secondes les rapetissent; ce dont on s'assurera facilement, en répétant, à l'égard des unes et des autres, les constructions géométriques que nous avons appliquées aux prismes, fig. 4, et 6, pl. 4. Les *ménisques* sont convergents ou divergents, selon que le rayon de courbure de la face convexe est moindre ou plus grand que celui de la face concave.

En général, dans la construction des microscopes, on ne fait usage que de verres *biconvexes* ou *plano-convexes*.

403. La *distance focale* d'une lentille convergente se dé-

duit du calcul, ou s'obtient par une mesure directe. Le cul apprend que le foyer d'une lentille biconvexe de peut être considéré, dans la pratique, comme étant ég produit des deux rayons divisé par leur somme et par le port de réfraction diminué de l'unité. Mais lorsque les len ont de très petites dimensions, il serait difficile d'en déterm avec précision la courbure; on a recours alors à une sure directe, qui consiste à recevoir sur un écran l'imag fractée par la lentille, et à mesurer la distance qui exist tre l'image et la surface du *verre convergent*; on se s cet effet de la lumière du soleil, ou de celle des nuage point où l'image de la lumière réfractée est la plus net la plus distincte, indique celui du foyer principal. Ce mo tâtonnement donne des résultats d'une suffisante précisi

404. Mais les lentilles, espèces de prismes à surfaces bes (398), participent, dans la réfraction des rayons lumi des propriétés des prismes à surfaces planes; et malgré la perfection qu'il est possible d'apporter à leur fabrica elles ne sauraient transmettre à notre vue une image plétement pure et complétement conforme à l'objet. côté, le rayon de la lumière se décompose en passant vers les lentilles, de même qu'à travers un prisme à trois et l'image arrive à l'œil altérée par des franges colorée l'on désigne sous le nom d'*irisations*. Les couleurs, en étant plus réfrangibles les unes que les autres, s'écarte la normale au point d'émergence, plus les unes que le tres; et par conséquent, au sortir d'une lentille converg elles convergent vers des foyers plus ou moins distants. I non seulement coloration de l'image au *foyer principal*, perte de lumière, à quelque foyer que l'œil se place. donné le nom d'*aberration de réfrangibilité* à cette sion des rayons. D'un autre côté, quelque homogène soit la pâte du verre, et quelque régulière que soit la bure des surfaces, il n'en est pas moins certain que les ra lumineux, réfractés par une lentille, ne convergent pas

vers le même foyer; que ceux qui émergent, par exemple, dans le voisinage de ses bords, ont un foyer plus long que ceux qui émergent dans le voisinage de l'axe; l'image à chaque foyer est donc incomplète; on a donné à ce genre d'*aberration* le nom d'*aberration de sphéricité*. On corrigeait en quelque sorte celle-ci, par l'usage de diaphragmes placés sur la surface même du verre, et dont l'ouverture ne donnait passage qu'aux rayons qui tombaient très près de l'axe de la lentille. Mais, jusqu'à ces derniers temps, on avait désespéré de corriger l'autre *aberration*, dans la construction des microscopes; les artistes en effet avaient toujours reculé devant l'idée d'*achromatiser* des lentilles d'aussi petites dimensions que les lentilles objectives de cet instrument. Selligue a eu le premier le mérite de vaincre la difficulté, et d'appliquer l'*achromatisme* au microscope.

405. L'*achromatisme*, c'est-à dire le résultat par lequel on dépouille l'image de toute coloration qui lui est étrangère, est fondé sur le principe de la *différence de réfraction* des diverses substances diaphanes; en sorte qu'en associant deux prismes de pouvoir réfringent différent, l'un des deux fasse converger le rayon que l'autre disperse, et recompose pour ainsi dire le rayon blanc que l'autre a décomposé. L'*achromatisme* corrige de la sorte l'*aberration de sphéricité*, en même temps qu'il annulerait l'*aberration de réfrangibilité*, s'il était permis d'atteindre, dans l'exécution, la précision que comporte le calcul. Dollond découvrit que l'association du *Crownglass* (verre de glace de première qualité et d'une teinte légèrement verdâtre) et du *flint glass* (verre dans la pâte duquel l'oxide de plomb entre en certaines proportions), ramenait au même point de l'axe de la lentille, les foyers divers des rayons extérieurs du spectre, et donnait des images aussi incolores qu'il est possible de le désirer. Il appliquait à cet effet sans intervalle, une lentille biconvexe (pl. 4, fig. 7) de *Crownglass*, contre une lentille biconcave (fig. 9) de *flint glass*. Ce système de deux lentilles se nomme *lentille achromatique*.

C'est avec ces deux substances que l'on fabrique aujou d'hui les lentilles objectives du microscope ; mais de mani que la forme de la lentille composée soit *plano-convexe.* *Crownglass* étant taillé en lentille *plano-concave*, on ap que contre sa surface concave une lentille biconvexe de *fli glass*, et l'on tourne le *Crown* du côté de l'objet à observ ce qui fait que les rayons, tombant perpendiculairement la première surface de la lentille achromatique, la travers sans éprouver d'aberration de sphéricité. Depuis la premi application de Selligue, on est parvenu à travailler des l tilles achromatiques de trois millimètres de diamètre; comme l'achromatisme permet d'en associer impuném plusieurs ensemble, il s'ensuit qu'en rapprochant trois de lentilles d'un espace bien moindre que leur distance foc on peut augmenter d'autant le grossissement de l'image vaincre, par cette combinaison des verres, l'obstacle que l rencontre encore à travailler de pareilles lentilles sur courbure plus forte ; ce qui retarde l'application de l chromatisme aux forts grossissements du microscope sim

§ II. MÉCANISME DU MICROSCOPE.

406. Le MICROSCOPE est un instrument d'observation, d tiné à nous faire apercevoir des objets que leur petitesse se rend inapercevables à la vue simple, et cela, en brisant rayons qui en émanent, de manière à agrandir l'angle s lequel ils convergent vers notre œil.

407. On obtient ce résultat, soit au moyen de la *réflex* (385), soit au moyen de la *réfraction* (391). Dans le prem cas le microscope est *catoptrique ;* c'est un assemblage miroirs concaves ou convexes, et d'un système d'oculai Dans le second cas, le microscope est *dioptrique*, et il n'en dans sa construction que des lentilles réfringentes. Nous nous occuperons que de ce dernier genre; l'usage des *mic scopes catoptriques* ayant été généralement abandonné, so

cause de la difficulté de donner aux miroirs toute la perfection convenable, et de les conserver long-temps en bon état et en position, soit surtout à cause que la combinaison des effets de la réflexion et de ceux de la réfraction n'est propre qu'à altérer la netteté des images, alors même que l'art aurait aplani toutes les difficultés de l'exécution.

408. Tout microscope se compose de deux systèmes de pièces, d'un système de lentilles réfringentes, et d'un système de monture ; c'est de l'heureuse combinaison de ces deux systèmes, toutes choses égales d'ailleurs, que dépend la supériorité de l'instrument.

409. Lentilles. Déposez une goutte d'eau sur une lame de verre horizontale, et vous aurez une lentille *plano-convexe*, qui vous donnera l'image grossie des petits objets, avec la plus grande netteté, tant que l'évaporation n'en aura pas altéré la courbure. Il suffira de placer l'objet au foyer (405), sous la lame de verre, et de l'éclairer de bas en haut par la réflexion d'une autre lame polie (*). Si vous trouvez le moyen de fixer votre lame horizontale, et d'approcher à volonté le corps observé, vous aurez improvisé un microscope, avec les pièces principales qui entrent dans la structure de tous ces instruments ; or la matière à lentilles ne vous fera pas défaut, si vous faites vos observations sur le bord d'une eau limpide ; le hasard variera à l'infini la puissance de vos grossissements.

410. Il est vrai que la courbure de ces sortes de lentilles

(*) Ce n'est pas d'aujourd'hui que ce phénomène de réfraction a fixé l'attention des hommes : *Litteræ*, dit Sénèque, *quamvis minutæ et obscuræ, per vitream pilam, aquâ majores clarioresque cernuntur.* De cette observation à l'invention des verres grossissants, il semble qu'il n'y ait que la distance d'une phrase ; et cependant la distance du principe à son application a été de douze cents ans. Telle est l'histoire de toutes les découvertes qui nous frappent par leur simplicité. On est tout étonné de voir qu'on les ait cherchées si loin et pendant si long-temps, quand on les trouve si près de nous.

liquides, variera d'autant plus vite, que les circonstance mosphériques accélèreront davantage l'évaporation. Or tiendra des effets plus durables, en remplaçant la goutte d' par une larme limpide de la gomme qui suinte sirupeu l'écorce des arbres à *noyau*, ou mieux par la résine qu entaille fait couler de l'écorce des arbres résineux. Si l' soin d'enduire d'une légère couche grasse la lame de ve sur laquelle on dépose la goutte de gomme, et d'une le couche d'eau la lame de verre sur laquelle on va dépos goutte résineuse, elles n'en prendront, en durcissant, et l'autre, qu'une courbure plus régulière, en vertu des lo la capillarité. On parviendra par ce moyen à se procure lentilles *plano-convexes* (402), qu'avec un peu de préca on pourra conserver tout aussi long-temps que les lentill verre.

411. Il n'est pas rare de rencontrer, sur la surface dans l'épaisseur des lames de verre, certains renflement affectent une assez grande régularité pour tenir lieu de tilles; si bien qu'on a vu les rideaux de mousseline, q trouvaient au foyer de la réfraction de ces petits défi prendre feu à la lumière du soleil. Ces défauts du verre peu fournir, comme on le voit, d'excellentes lentilles.

412. Mais il serait peu rationnel de se mettre à la rec che de ces lentilles, quand on peut se procurer, dans le merce, des lentilles de verre d'une si grande perfection si peu de frais; celles d'un petit diamètre et du plus grossissement ne dépassant pas le prix de 2 francs.

413. Les lentilles de verre se fabriquent de deux maniè on les *souffle* ou on les *travaille*. Pour obtenir des lent soufflées, et ce sont celles de la plus petite dimension, place du bon verre en poudre dans une petite spirale de pla (pl. 3, fig. 16 *pl*), ou sur un trou régulier pratiqué dans l'ép seur d'une lame de même métal; on la fond au chalume et on la laisse refroidir lentement; par le refroidissemen

masse s'arrange en un globule qui approche plus ou moins de la sphéricité complète, et qui dès lors donne des grossissements énormes, ou bien dont les deux faces, ayant la même courbure, sont rapprochées comme deux segments de la même sphère. Il est rare que, sur dix à douze fabriquées de la sorte, on n'en trouve pas une bonne; et pour chalumeau, dans cette circonstance, on n'a besoin que d'une chandelle et d'une pipette en verre (pl.3, fig. 9).

414. On travaille les lentilles, en usant les surfaces du verre. On fait choix, dans ce but, d'un morceau de glace ou de verre coulé, qui n'offre dans sa substance ni *points*, ni *larmes*, ni *filets*, ce dont on s'assurera, soit en regardant au travers d'une vive lumière, soit en recevant, sur un miroir concave, les rayons réfractés par ce morceau de glace. On la divise en morceaux du diamètre voulu, que l'on corrode au tour, sur les bords, dans un bassin en fer. On fabrique ensuite les bassins dans lesquels on doit user et courber les surfaces; on les creuse dans l'épaisseur d'un morceau de cuivre, ou mieux, du métal des cloches, avec un arc en acier de la sphère dont la lentille doit représenter un segment; ou bien on les produit, en enfonçant d'un coup de marteau, sur une plaque de cuivre assez épaisse, l'extrémité sphérique d'une forte tige d'acier, que l'on tournera encore sur le cuivre pour rendre la concavité régulière. On applique le morceau de glace sur une molette; on l'ébauche au tour dans le bassin, d'abord avec du grès, ensuite avec du gros émeri mouillé, puis avec de l'émeri de plus en plus fin; lorsque la surface est usée convenablement, on corrode l'autre surface de la lentille par les mêmes procédés et sur le même bassin; et enfin quand on est sûr d'avoir obtenu les deux courbures très régulièrement, on les polit, en tapissant le bassin d'une feuille de papier que l'on nettoie au tour, et qu'on recouvre d'un excellent tripoli de Venise. Ces lentilles sont biconvexes. Pour les lentilles plano-concaves, on use à plat l'une des faces, et avec un bassin convexe l'autre, par les mêmes procédés que ci-

dessus. Nous ne nous occuperons pas ici de ce qui tei dans l'habitude et le tour de main de l'ouvrier; ce sont ch que les mots ne sauraient jamais rendre, et où chacun être son propre professeur. L'habileté de nos ouvriers portée si loin aujourd'hui, qu'ils peuvent trouver leur b fice à verser dans le commerce, au prix de 2 francs, des tilles parfaites qui n'ont pourtant que deux millimètre diamètre, et qui grossissent souvent jusqu'à 150 fois les mensions. Mais on conçoit qu'arrivé à ces limites, il s impossible d'achromatiser une lentille. Du reste, dans les croscopes simples, le défaut d'achromatisme n'a nullemen même importance que dans microscopes composés.

415. Jusqu'à présent le beau verre blanc a eu le privi presque exclusif de fournir à la vision la substance des lent réfringentes. Ce privilége est dû à la structure moléculaire la fusion communique à cette substance, plutôt qu'à la périorité de son *indice de réfraction*. Si l'on trouvait jam dans la nature, des substances d'un pouvoir réfringent su rieur, et qui fussent susceptibles de transmettre à l'œil, images aussi nettes que le fait le verre, il est évident q quel qu'en fût le prix, les observateurs trouveraient une mense avantage dans leur emploi; car une simple lentille ce genre serait dans le cas d'atteindre le pouvoir grossissant nos microscopes composés. Aussi depuis certain nombre d' nées, les opticiens se sont-ils mis à la recherche de ces s stances susceptibles d'être travaillées en lentilles réfringen En 1827, Pritchard, sur l'invitation de Varrey et Gori construisit le premier des lentilles de pierres précieuses, d les physiciens anglais vantèrent les avantages, la derni substance employée par l'artiste leur paraissant toujours p duire des effets supérieurs aux précédentes. Les savants notre académie, qui, à cette époque, si nous avons le droit dire toute la vérité, n'étaient rien moins que compétents fait de microscope, nos savants physiologistes reçurent, a

housiasme accoutumé, l'annonce de cette heureuse
ion ; mais ils se montrèrent moins empressés de con-
uelques bribes des fonds Monthyon à l'importation du
anglais; et Pritchard continua à être le seul construc-
lentilles précieuses. Ceux qui à cette époque préco-
la puissance de la beauté, en fait de construction de
ope, et qui mesuraient le mérite d'une observation
opique sur ce qu'ils appelaient si solennellement la
de l'instrument, ceux-là, dis-je, n'eurent pas même
e de se procurer l'une de ces lentilles, dont la puis-
la richesse supérieures devaient pourtant, d'après leurs
s, exercer une influence si utile sur le mérite juste-
ntesté de leurs observations. Une lentille de diamant
ait que 250 à 500 fr., une lentille de saphir que 50 à
ce qui est une obole pour nos savants à 60,000 livres
). Aussi la difficulté n'était pas dans le prix élevé, mais
lans une condition que le constructeur, pour ne point
r à éprouver de rebut, imposait à l'acheteur; elle
it à prendre la lentille dans le tas et au hasard, sauf à
ter une autre aux mêmes conditions, dans le cas où
d aurait trahi son choix. Car, avec quelque adresse et
habileté que l'artiste s'appliquât à travailler la lentille,
rrivait pas moins, disait-on, que toutes n'étaient pas
e qualité, en sortant du même moule. C'est là l'excuse
payèrent les premiers acheteurs, qui tous se trouvè-
oir rencontré des chances défavorables; en sorte que
siasme se ralentit, et que la fabrication cessa com-
nt en Angleterre; en 1835, il ne restait à l'ingénieux
anglais qu'une seule lentille, qu'il ne voulait pas cé-
n résolu qu'il était de ne plus en construire d'autres.

Mais voilà que dans un voyage en Angleterre, Arago,
que là avait fait profession d'incompétence au micro-
quoique pourtant il ne laissât jamais passer l'occasion
éger de son autorité, dans les séances de l'Académie,
rographes ses amis, Arago se prit d'un zèle tout nou-

veau pour la propagation des lentilles de diamant; et de retour dans le sein de l'Académie, le 27 février 1835, il obtint de ses collègues à l'unanimité, qu'il serait alloué une somme de 1200 francs à l'un de nos plus habiles fabricants de lentilles, à Bouquet, pour l'établissement d'un tour sur le modèle de celui de Pritchard, et pour l'importation en France d'une branche de commerce dont les Anglais ne voulaient plus (*). Avant ce vote, avait-on pris la peine de vérifier, par l'observation directe, le mérite des lentilles de diamant? Avait-on évalué les frais de construction d'un tour? Avait-on ouvert la plus petite enquête? On procèderait avec cette rigueur à l'Académie, s'il s'agissait d'encourager les efforts d'un fabricant qui n'aurait d'autre recommandation que celle de son talent; mais ces sortes de formalités sont inutiles, lorsqu'il s'agit d'un fabricant recommandé par un savant académicien.

417. Or, jugez de la puissance originelle des fonds Monthyon. Le 4 mars suivant, c'est-à-dire huit jours après, deux fabricants non protégés, Trécourt et Georges, déjà connus par la construction d'un microscope estimé, se présentent à la barre de l'assemblée avec trois lentilles, l'une en diamant, l'autre en saphir, et l'autre en rubis, qu'ils venaient d'achever, sur un tour dont la construction n'avait pas huit jours de date. Vous pourriez croire que le désappointement de l'Académie se traduisit en remerciements; non, ce fut avec peine que leur lettre obtint la faveur d'une lecture. Le microscope, sur lequel ces lentilles étaient montées, était placé sur la table du président; il paraît qu'il échappa à la vue des membres du bureau; car Biot déclara hautement que les microscopes nouveaux n'étant pas joints à la lettre, l'Académie ne pouvait pas s'assurer de l'exactitude des faits annoncés. Il y a plus, il paraît que les membres de l'Académie qui, après la séance

(*) Voyez le Bulletin scientifique et industriel du *Réformateur*, nos 139. 146, 152, 153, 170, 171, 195, et surtout 247.

[vou]lurent s'assurer de l'exactitude des faits, avaient telle[me]nt l'habitude du microscope, qu'ils brisèrent du premier [cou]p une des lentilles objectives, ce qui nuisait sans doute [bie]n davantage à la vérification des faits. Nos lecteurs auront [de]viné que, bien qu'ils eussent résolu comme par enchante[me]nt le problème, Trécourt et Georges ne reçurent rien [mo]ins que les 1,200 francs votés; cette somme était une fa[veu]r nominative. Mais par les détails dans lesquels nous allons [en]trer, on verra que l'Académie devait plus qu'une faveur à [ce]s deux artistes, qu'elle leur devait une réparation en dom[ma]ges et intérêts; car c'est sur la foi en l'annonce de l'A[ca]démie que Trécourt et Georges avaient cru à la supé[ri]orité des lentilles de diamant; c'est sur l'espoir d'un prompt [déb]it qu'ils s'étaient décidés à faire les frais de premier éta[b]lissement (*); l'autorité de l'Académie avait porté un grave [p]réjudice à ces messieurs; les fonds Monthyon étaient là pour [r]éparer le préjudice. Mais il n'entre pas dans les attributions [lé]gales d'un corps constitué d'être appelé à se condamner [lui]-même; dans une affaire où il est partie, les plaignants ont [t]oujours tort.

418. La fabrication des lentilles de diamant présente plus [d]e difficulté qu'on ne l'aurait pensé d'abord. Il faut beaucoup [d]e temps pour amener les surfaces à l'état d'une pureté ana[lo]gue à celle qui distingue les lentilles de verre. Le tour est [d']une rapidité telle, que la roue fait deux cents tours par se[co]nde; le poli donné aux faces au moyen de la poudre de [d]iamant exige un travail de vingt heures, en sorte que, pour [c]e seul travail, la lentille a tourné quatorze millions de fois [su]r elle-même. Avant de la polir, on la taille en sphère, [n]on pas dans un bassin, mais au moyen d'un diamant disposé [c]omme un burin, et que l'ouvrier tient appliqué contre la [l]entille tournante. C'est à la suite d'une aussi longue série d'opérations que Georges avait obtenu tout d'abord, 1° une

(*) La dépense faite par ces messieurs s'élevait, en tout, à 300 francs.

lentille de diamant de 9 dixièmes de millimètre de diamètre, de 73 centièmes de millimètre d'ouverture, de 1 millimètre de foyer, et partant d'un grossissement linéaire de 220 fois à l'état de simple loupe; 2° une lentille de saphir d'un grossissement linéaire de 255 fois; 3° une lentille analogue de rubis d'un grossissement de 235 fois.

419. Nous avons eu l'occasion d'essayer les lentilles qu'il travailla avec plus de soin encore la semaine suivante, et nous devons déclarer qu'en ce qui est du fait de l'artiste, il est impossible de pousser plus loin le perfectionnement de cette fabrication, et d'obtenir en moins de temps de plus beaux résultats. Mais il existait un obstacle, contre lequel toute l'habileté de ces ingénieux fabricants devait échouer, et qui devait condamner d'aussi riches produits au simple rôle de ces objets de luxe, dont la difficulté vaincue fait tout le prix; nous voulons parler de la structure cristalline des pierres précieuses.

420. Sans doute le diamant, à courbure égale, grossit trois fois plus que le verre, en sorte que le microscope simple, avec la seule lentille de diamant d'une ligne de foyer, serait dans le cas de grossir autant que nos meilleurs microscopes. Mais le verre a, sur les pierres précieuses, la supériorité de la fusion sur la cristallisation (*); il donne, toutes choses égales d'ailleurs, des images infiniment plus nettes; et rien, pas même l'énormité du grossissement, ne saurait compenser la netteté de l'image, car rien ne saurait compenser la vérité. Or, sans parler ici des doubles images que transmet le diamant, si l'on n'a pas eu soin de le tailler parallèlement à l'axe; sans parler des raies qui se rencontrent si souvent comme tout autant de pailles dans l'eau de quelques échantillons, le burin

(*) Toutes les substances diaphanes qui s'organisent en globules, en se solidifiant, rivalisent, sous ce rapport, avec le verre : les liquides seuls leur seraient préférables. si les courants déterminés par l'inégale distribution de la chaleur, n'y produisaient des stries mouvantes, qui font varier à l'infini les altérations de l'image.

le l'artiste rencontre, dans la révolution de la lentille, trois arêtes rayonnantes qui présentent à la pression une compacité plus grande et se laissent plus difficilement entamer. Ces trois arêtes en étoile ont nécessairement un pouvoir réfringent différent du reste de la substance de la lentille, et partant doivent altérer d'autant l'image des objets. Aussi, sur toutes les lentilles en *diamant, saphir, rubis, corindon*, etc., que nous avons eu l'occasion d'examiner, avons-nous remarqué un certain effet scintillant et laiteux qui trouble la vue, efface les bords des objets, et en rend les contours vagues et indécis, défaut qui augmente encore au microscope composé, et qui n'est certainement pas un de ceux que l'achromatisme serait dans le cas de faire disparaître, alors même qu'il serait possible d'appliquer l'achromatisme à des lentilles d'un si petit calibre et d'une si grande dureté, ainsi que l'avait d'abord imaginé *à priori* le secrétaire de l'Académie. Aussi dès le jour que nous donnâmes de la publicité à ces observations (*), on renonça complétement aux belles espérances qu'avait fait naître l'annonce académique, et dont le zèle de Trécourt et Georges a été la première victime.

421. Cependant parmi ces lentilles de pierres précieuses, nous en distinguâmes deux espèces, et ce n'était pas les plus précieuses, lesquelles nous parurent offrir un genre d'utilité qui ne laisse pas que d'avoir un certain prix; ce sont les lentilles en *grenat* et en *tourmaline verte*. La couleur purpurine des unes et la couleur verte des autres a la propriété non seulement de compenser les effets de la cristallisation, mais même d'achromatiser l'image, en ce sens que celle-ci apparaît unicolore, et sans irisations; et sous ce rapport les lentilles de tourmaline ont une grande supériorité sur les lentilles de grenat. En outre, en revêtant l'image d'une teinte verte, la tourmaline en dessine les bords d'une manière plus nette, en accuse les détails avec plus de vigueur, et rend apercevables des objets

(*) *Bulletin scientifique et industriel du Réformateur*, n° 247, 13 juin 1835.

qui se noircraient dans une trop vive lumière, et disparaîtraient par trop de jour, à l'œil le plus clairvoyant. Une lentille de tourmaline dispense donc de l'usage du diaphragme, dont le but est, comme on le sait, de rétrécir le cône lumineux avec lequel on éclaire l'objet. Ajoutez à ce précieux avantage que la tourmaline grossit beaucoup plus que le verre, et qu'ainsi, à courbure égale, on peut obtenir des résultats plus puissants.

422. L'effet spécial provenant de la coloration de la tourmaline, nous a fourni l'idée de faire fabriquer des lentilles en beau verre bleu; et à part le grossissement, nous en avons retiré les mêmes avantages. Les lentilles en verre bleu sont du même prix que les lentilles en verre blanc (412), tandis que le prix des lentilles de tourmaline s'élève jusqu'à 10 fr. Nous nous proposons de remplacer par des lentilles en verre bleu et des lentilles de tourmaline, les objectifs achromatiques du microscope composé; et nous croyons pouvoir espérer que cette application remplira son but. Ce qui nous porte à le croire, c'est que le *crownglass* anglais dont la couleur est d'une légère teinte verte, produit dans l'achromatisme des effets bien supérieurs au *crownglass* blanc.

423. La tourmaline jouissant, comme le diamant, de la propriété de la double réfraction, si le fabricant n'a pas la précaution de tailler les deux surfaces de la lentille parallèlement aux deux axes, la lentille présente toutes les images doubles et se superposant par la moitié ou par le quart, etc. Cet effet a paru surprendre nos plus habiles cristallographes, qui ne pensaient pas que la double réfraction s'étendît jusqu'à de telles limites du clivage. Ce phénomène prouve que la double réfraction, bien loin d'être le fait de l'arrangement des molécules intégrantes du cristal, remonte jusqu'à la combinaison des atomes constituants de la molécule chimique.

424. A la forme lenticulaire des verres grossissants est inhérent un défaut, qui, sans être bien grave, ne mérite pas moins d'entrer en ligne de compte, dans l'évaluation des circonstances d'une observation. Il résulte du mode spécial de

réfraction des segments de la sphère, que les angles des objets s'arrondissent un peu dans l'image. On a entrevu la possibilité de corriger ce défaut, en ayant recours aux courbures cylindriques; résultat qu'on obtiendrait aisément, en accolant en croix deux lentilles plano-cylindriques (398) par leur côté plat. Mais de cette structure, il résulterait un défaut contraire à celui des lentilles biconvexes; c'est que les lentilles bicylindriques carreraient les images des objets à contour arrondi, comme les lentilles biconvexes arrondissent les images des objets à contours anguleux. Défaut pour défaut, l'autre est le moindre; car la difficulté d'obtenir des lentilles bicylindriques en porterait le prix très haut, et on ne pourrait jamais parvenir à en fabriquer d'un foyer aussi court que celui de nos lentilles objectives ordinaires. Du reste, ce défaut est si peu saillant qu'il faut le signaler pour qu'on s'en aperçoive.

425. Monture du microscope. C'est par la monture seule que les microscopes diffèrent de la loupe, et diffèrent entre eux.

La loupe est une lentille, ou un système de lentilles achromatiques d'un foyer quelconque, dont la monture (pl. 3, fig. 5), est un large cercle d'ivoire, et mieux de corne, qui en déborde les deux faces pour loger l'œil de l'observateur, d'un côté, et écarter de l'autre les rayons lumineux qui ne passeraient pas par le champ de la lentille. Telles sont les loupes des horlogers; on les tient d'une main pour les appliquer contre son œil, et de l'autre, on présente à leur foyer les objets qu'on désire observer soit par réflexion (385), soit par réfraction (389). Afin de conserver la liberté des deux mains, les horlogers placent leur lentille à l'extrémité d'un levier à losanges mobiles, qui se prête à tous les mouvements de va et vient, et monte ou descend en glissant, par la douille de l'autre extrémité, contre une tige verticale, à laquelle il se fixe au moyen

d'une vis de pression. C'est là un microscope simple, de la forme la plus commode pour la spécialité de l'horloger.

426. Les naturalistes se servent, dans leurs excursions, de *biloupes*, et même de *triloupes*, petits instruments de poche dont la monture, en corne ou en écaille, se compose de deux plaques parallèles, entre lesquelles se logent des loupes d'un foyer différent, qui pivotent par un point de leur circonférence, chacune à l'une des extrémités de la monture, pour en sortir et y rentrer. La lentille qui sert à étudier les objets d'un gros calibre dépasse rarement un pouce de foyer; celle qui permet d'aborder les corps moins apercevables à la vue simple, atteint jusqu'à 6 et 4 lignes, au gré de l'acheteur.

427. On fabrique encore des LOUPES COMPOSÉES de deux, et même de trois autres, qui, se logeant dans le même compartiment de la monture, et pivotant à la même extrémité, peuvent, en se superposant, donner un grossissement qui est environ la somme de leurs trois puissances. Toutes ces loupes se portent suspendues à un cordon et se tiennent d'une main, pendant que l'on place à leur foyer, soit immédiatement, soit au bout d'une pince ou d'une aiguille, les petits objets à observer. Mais la vacillation des mains rend ces sortes d'observations incertaines et indécises; il faut avoir bien vu une première fois pour se reconnaître à une indication prise de la sorte au pas de course; ce qui fait que ces sortes de montures ne sauraient servir qu'à ceux qui savent déjà, et jettent inévitablement dans de continuelles perplexités ceux qui apprennent.

428. La fixité de l'objet est la première condition de la vision distincte; de là, dans les sciences de fine observation, la nécessité d'une monture qui permette à l'observateur d'amener et de tenir l'objet aussi long-temps qu'il voudra au foyer précis de la lentille; de là l'importance du MICROSCOPE SIMPLE.

429. Le MICROSCOPE SIMPLE est un instrument composé d'une seule lentille ou d'un système de lentilles qui ne forment

qu'une unité, d'une monture qui permette de placer et de maintenir au foyer l'objet que l'on observe, et de l'éclairer sous tous les jours possibles. Nous en distinguerons de deux espèces : le MICROSCOPE SIMPLE DE VOYAGE, et le MICROSCOPE DE CABINET.

430. Le MICROSCOPE DE VOYAGE se visse, comme une pomme de cuivre, au sommet d'un solide bâton de voyageur ; un étui cylindrique en cuivre, (pl. 4, fig. 11, c.), recouvre l'instrument, et se visse sur sa base (*b*) pendant le voyage ; lorsqu'on veut se servir de l'instrument, on enlève le cylindre, et le microscope (*m*) se trouve ainsi tout disposé pour l'observation ; on n'a pour cela qu'à enfoncer le bâton dans la terre ; ou bien, si l'on désirait se servir de l'instrument, en se tenant assis autour d'une table ou d'une borne, on dévisserait le microscope (*m*) du bâton, pour en visser la base (*b'*) sur l'ouverture du cylindre qui servait d'abord d'étui, et qui de cette façon sert de support. La lentille (*l*) entre, par un pas de vis, dans un anneau supporté horizontalement sur les deux montants (*m' m'*) ; le *porte-objet* en verre (*p*) est enchâssé dans un anneau mobile, susceptible de s'approcher et de s'éloigner de la lentille, en tournant au moyen d'un pas de vis, entre les deux montants (*m' m'*), dont les surfaces internes sont taraudées en fractions d'écrou, en sorte que l'on peut de cette manière amener l'objet au foyer de toute espèce de lentilles. Lorsqu'on observe les objets opaques, et par la réflexion des rayons lumineux, on n'a pas besoin de changer l'instrument de sa position verticale ; mais s'il s'agit d'un objet transparent, et que l'on désire observer par réfraction, on dévisse le microscope, on fixe l'objet contre le *porte-objet* avec une goutte d'eau ou de salive, et on présente le fond du *porte-objet* à la lumière des nuages, la lentille (*l*) étant appliquée contre l'œil. Trois lentilles suffisent pour que cet instrument se prête aux observations les plus délicates, même en voyage : une lentille d'un pouce de



foyer, l'autre de six lignes et une autre d'une ligne. Pendant la marche, l'une de ces loupes se loge entre le *porte-objet* (*p*) et la surface de l'extrémité du bâton (*b''*). Pour mettre l'observation à l'abri du vent ou du souffle de la respiration, on entoure le microscope d'un manchon en verre, cylindre ouvert par les deux bouts, d'un diamètre intérieur correspondant au diamètre extérieur du microscope et de la même longueur que la monture.



431. Le MICROSCOPE SIMPLE DE CABINET exige une monture qui se prête, sans déplacement, à des mouvements plus variés; mais, réduite à sa plus grande simplicité, la structure n'en est rien moins que compliquée. Les conditions à remplir sont 1° que le *porte-objet* (*p*) puisse s'avancer au foyer des lentilles les plus faibles comme des plus fortes, et reculer même, quand l'épaisseur de certains objets demande que le porte-objet soit placé à une grande distance; 2° que le porte-lentille (*l*) puisse avancer d'arrière en avant, de gauche à droite, pour en superposer le foyer à l'objet dans toutes les directions du porte-objet (*p*); 3° que le miroir qui doit servir à rendre l'objet visible par transmission des rayons lumineux, soit mobile dans tous les sens, pour prendre le jour d'où il vient et le projeter où l'observation l'exige. Or, dans le temps de mes plus opiniâtres travaux et de ma plus grande gêne, j'ai rempli ces trois conditions avec un succès qui n'a pas été contesté, au moyen d'une tige verticale de laiton, plantée dans un mauvais socle en bois, qui supportait un miroir de même fabrique; le porte-objet glissait contre la tige et s'y fixait par une vis de pression; et le porte-loupe se composait d'une lame de cuivre, terminée d'un côté par une ouverture circulaire, où se plaçait la loupe, et de l'autre par une entaille longitudinale, qui donnait passage à la tige d'une vis de pression, glissait d'avant en arrière contre elle, ou pivotait autour d'elle de droite à gauche, se fixant par la pression de la vis, lorsqu'on avait amené la loupe à la position convenable.

432. Il n'y a pas de doute que la grossièreté de cette construction n'amène une grande perte de temps à sa suite, par la nécessité où l'on se trouve à tous les moments d'avoir recours, pour mettre les pièces à point, aux coups de pouce, auxquels tant d'autres ont recours pour faire concorder les expériences avec leurs prévisions théoriques; mais enfin avec un instrument aussi peu élégant, un esprit philosophe peut arriver à un degré de précision et d'exactitude, qu'entre certaines mains sont loin d'atteindre les plus riches microscopes.

433. Cependant la perte de temps, qui, selon l'expression de Franklin, *est l'étoffe de la vie*, est une perte irréparable, puisqu'il ne nous est pas donné d'allonger notre vie à volonté. Aussi dans l'intérêt de ceux à qui la nature ou plutôt la bizarrerie de notre ordre social a donné plus d'aptitude que de fortune, je résolus, dès mes premières difficultés, de mettre à la portée de toutes les bourses les avantages d'un microscope simple, élégant et facile, dont le prix, jusqu'à cette époque, s'était maintenu au chiffre des MICROSCOPES COMPOSÉS. Le problème n'était pas aussi aisé à résoudre qu'on le pense; car il s'agissait de rencontrer un opticien qui entendît aussi bien les intérêts de sa fabrication que je prenais les intérêts de la consommation; et à cette époque, vu le peu d'usage que les savants faisaient du microscope, les opticiens n'avaient rien moins que contracté l'habitude de compter sur l'affluence des petits acheteurs. Enfin il s'en offrit un qui me comprit et qui s'en est fort bien trouvé (*); et le microscope simple,

(*) Deleuil, opticien et balancier des monnaies de France, rue Dauphine, n° 24. C'est dans son établissement qu'on trouvera tous les instruments décrits dans cet ouvrage. Entièrement désintéressé dans cette fabrication, on ne saurait m'accuser de vouloir nuire aux intérêts des autres fabricants; mais la mission que j'ai acceptée d'intermédiaire entre les intérêts des fabricants et ceux des acheteurs, me force à déclarer que je ne donne ma garantie morale qu'aux instruments de ma compétence qui sortent des ateliers de Deleuil. La contrefaçon a vendu, depuis six

sous la forme la plus élégante et la plus commode, fut mis à la portée de toutes les bourses. C'est l'instrument auquel la reconnaissance un peu exagérée des observateurs a donné mon nom, quoiqu'en cela je n'aie pas eu le mérite d'une découverte, mais seulement celui d'une idée utile. Afin d'éviter les répétitions, nous donnerons la description de cet instrument, en nous occupant des modifications par lesquelles nous venons de le transformer en MICROSCOPE DOUBLE.

434. Les lentilles les plus fortes, dont on puisse faire usage au microscope simple, ne dépassent pas une demi-ligne de foyer, et grossissent alors jusqu'à 150 fois le diamètre de l'objet, ou 22,500 fois sa surface, puissance ampliante qui peut faire voir, sous de moindres dimensions, mais d'une manière peut-être plus distincte, les objets que l'on soumet aux plus forts grossissements des MICROSCOPES COMPOSÉS. Nous avons maintenant à faire comprendre en vertu de quelles combinaisons optiques une association de lentilles élève le MICROSCOPE SIMPLE à la puissance du MICROSCOPE COMPOSÉ.

435. THÉORIE DU MICROSCOPE COMPOSÉ. La spécialité du microscope composé est d'augmenter le grossissement par la combinaison de plusieurs lentilles, d'agrandir le champ de la vision en augmentant le grossissement, ce qui est l'inverse dans le microscope simple, enfin (par un avantage entièrement mécanique, mais souvent d'un grand prix dans les expériences de la nouvelle méthode), de tenir l'œil de l'observateur à une grande distance du *porte-objet*, d'où se dégagent des vapeurs nuisibles, ou sur lequel on a besoin d'appuyer les mains pour diriger la marche de l'observation. La fig. 12, pl. 4, nous servira à mettre dans tout son jour la théorie de ces résultats.

436. Soit, en effet, le petit cristal d'oxalate de chaux (*oc*),

ans, sous le nom de *microscope simple de Raspail*, des instruments d'une défectuosité telle, qu'il m'est devenu impossible de différer la présente déclaration.

op petit pour être distingué à la vue simple : si nous interpo-
ns entre lui et notre œil une lentille biconvexe (402) dont
n voit le profil en *ff*, et que nous éclairions par réfraction le
ristal, en faisant passer à travers sa substance les rayons
éfléchis par les nuages, ou par la surface d'un miroir ; il ar-
rivera nécessairement que le rayon (*a*), qui tombera perpen-
diculairement sur la tangente de l'axe de la lentille, se con-
fondant avec l'axe lui-même, traversera le verre et en sortira
sans la moindre déviation (392) ; continuant sa route en ligne
droite à l'infini. Quant aux rayons parallèles, au contraire,
émanés de tous les autres points du cristal, et qui arriveront
à droite et à gauche de l'axe sur la lentille, comme ils tombe-
ront obliquement sur les diverses tangentes de la lentille (396),
ils subiront une réfraction dont l'indice sera donné par la
courbure des surfaces (401), et par le rapport du pouvoir
réfringent du verre de la lentille à celui de l'air (396). Les
deux rayons *eé*, qui partent des deux extrémités du cristal,
et par lesquels nous représenterons la marche générale de
tous les rayons obliques, par suite des deux réfractions qu'ils
auront à subir, en entrant dans le verre et en sortant, pren-
dront la direction convergente (*j'j'*), et viendront se rencon-
trer sur la direction du rayon (*a*) en (*j*). Ce point est le foyer
de la lentille. Si l'œil de l'observateur se place à ce foyer, il
verra l'image du petit cristal dans le prolongement non des
rayons (*ej'* et *e'j'*), mais bien dans celui des deux rayons (*jg*, *j*G),
c'est-à-dire sous l'angle visuel (*gj*G), d'après les expériences
que nous avons exposées ci-dessus (397). L'image du petit
cristal, se sera de la sorte, agrandie proportionnellement à la
distance, à laquelle la comparaison des objets que nous aper-
cevons de l'autre œil et à leur distance naturelle, nous amè-
nera à rapporter les images produites par la réfraction.

437. Mais les rayons lumineux suivent leur direction à
l'infini, s'ils ne rencontrent pas d'obstacle sur leur route. Ar-
rivés au foyer de leur rencontre (*j*), les rayons (*ej'* et *e'j'*) se
croiseront, de manière qu'à la hauteur (*dd*), le rayon (*e'*) qui

est parti de la droite du petit cristal se trouve à la gauc que le rayon (*e*) qui est parti de la gauche du même se à la droite, mais que le rayon (*a*), qui suit sa route sans tion, soit toujours à une égale distance de l'un et de l Or, si je place mon œil à ce point, je recevrai nécessai par la vision une image renversée du cristal; mais co cette distance le petit diamètre de ma pupille ne laiss accès à un cône lumineux aussi épanoui que celui qui es sur la figure, il s'ensuivra qu'au lieu d'une image agr je recevrai une image moindre du cristal, que je croir se dessiner sur la surface même de la lentille, ainsi q un écran.

438. Si au contraire j'oppose à ce rayon une nouve tille plano-convexe, dont (*dd*) offre le profil, et d'un tre tel qu'à ce point elle soit capable de recueillir t rayons qui peuvent convenir à la netteté de l'image, une n réfraction ramènera à la convergence tous ces rayons gents, et les rayons (*ee'a*) viendront se rencontrer au fo la lentille (*dd*) que nous supposerons en (*b*). Que si l l'observateur se place en (*b*), il verra l'image dans le gement des rayons (*be'* et *be*), c'est-à-dire, par rapp première image (*gj*G'), il la verra formant la base (*I* triangle (*Hbh*). Mais alors l'image sera renversée, c dire que la base du cristal (*e'*) qui se voyait en (G), l'œil se plaçait au foyer (*j*), se verra en (H) quand placera au foyer (*b*); et que la pointe du cristal (*e*), q voyait en (*g*), en se plaçant au foyer (*j*), se verra lorsque l'œil se placera au foyer (*b*).

439. Que sur la route des rayons convergents (*e'b* e en-deçà du foyer de la lentille (*dd*), l'on dispose parallè une lentille biconvexe (*cc*); une troisième réfraction, a tant la convergence des rayons, placera le foyer de en (*a'*); si l'œil de l'observateur se substitue à ce il percevra l'image sous un angle d'une plus grande tude; et si, par la comparaison des objets extérieurs, i

porte à la même distance, à la base du triangle (*Ibi*), elle aura été grossie par cette troisième réfraction, dans le rapport de (*Ii*) à (*Hh*). L'image n'en sera pas moins renversée, tant que cette troisième lentille (*cc*) rencontrera les rayons réfractés par la deuxième (*dd*), avant leur convergence au foyer.

440. Que si au contraire la troisième lentille était placée au-delà du foyer (*b*), il s'ensuivrait qu'elle redresserait l'image, par le même mécanisme que la lentille (*dd*) l'avait renversée; mais ce ne serait le plus souvent qu'aux dépens de la netteté de l'image et qu'à ceux du grossissement.

441. Quoi qu'il en soit, tout étant ainsi disposé, le plan qui soutient le petit cristal (*ee'*), se nomme le *porte-objet* du microscope. La lentille la plus proche (*ff*), se nomme *lentille objective* ou simplement *objectif;* le système de deux lentilles (*cc* et *dd*) se nomme *oculaire* ou *système* des *oculaires.*

442. Le premier avantage de la spécialité du *microscope composé,* c'est le grossissement de l'image; c'est-à-dire l'ampliation *artificielle* de l'angle visuel, qui rend apercevables des objets, lesquels, à cause de leurs petites dimensions, n'envoyaient à nos yeux les rayons lumineux que sous un angle trop aigu pour être apprécié par l'organe de la vue.

443. Le second avantage, est l'agrandissement du champ de la vision, avantage qui nous permet de voir à la fois un plus grand espace du porte-objet, et un plus grand nombre d'objets à la fois; il est dû à ce que, par suite des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité (404), les seuls rayons qui concourent à la netteté de l'image, lorsqu'on se sert d'une seule lentille à court foyer (405), sont ceux qui passent le plus près de l'axe de la lentille, c'est-à-dire de la ligne qui est sans réfraction (392). On supprime les autres au passage, dans les microscopes simples, au moyen d'un diaphragme métallique dont l'ouverture est en raison inverse du grossissement; ce qui fait qu'on voit peu d'objets à la fois par ces

est parti de la droite du petit cristal se trouve à la gauche, et que le rayon (*e*) qui est parti de la gauche du même se trouve à la droite, mais que le rayon (*a*), qui suit sa route sans déviation, soit toujours à une égale distance de l'un et de l'autre. Or, si je place mon œil à ce point, je recevrai nécessairement par la vision une image renversée du cristal; mais comme à cette distance le petit diamètre de ma pupille ne laissera pas accès à un cône lumineux aussi épanoui que celui qui est tracé sur la figure, il s'ensuivra qu'au lieu d'une image agrandie, je recevrai une image moindre du cristal, que je croirais voir se dessiner sur la surface même de la lentille, ainsi que sur un écran.

438. Si au contraire j'oppose à ce rayon une nouvelle lentille plano-convexe, dont (*dd*) offre le profil, et d'un diamètre tel qu'à ce point elle soit capable de recueillir tous les rayons qui peuvent convenir à la netteté de l'image, une nouvelle réfraction ramènera à la convergence tous ces rayons divergents, et les rayons (*ee'a*) viendront se rencontrer au foyer de la lentille (*dd*) que nous supposerons en (*b*). Que si l'œil de l'observateur se place en (*b*), il verra l'image dans le prolongement des rayons (*be'* et *be*), c'est-à-dire, par rapport à la première image (*gj*G'), il la verra formant la base (*Hh*) du triangle (*Hbh*). Mais alors l'image sera renversée, c'est-à-dire que la base du cristal (*e'*) qui se voyait en (G), lorsque l'œil se plaçait au foyer (*j*), se verra en (H) quand l'œil se placera au foyer (*b*); et que la pointe du cristal (*e*), que l'œil voyait en (*g*), en se plaçant au foyer (*j*), se verra en (*h*), lorsque l'œil se placera au foyer (*b*).

439. Que sur la route des rayons convergents (*e'b* et *eb*) et en-deçà du foyer de la lentille (*dd*), l'on dispose parallèlement une lentille biconvexe (*cc*); une troisième réfraction, augmentant la convergence des rayons, placera le foyer de l'image en (*a'*); si l'œil de l'observateur se substitue à ce foyer, il percevra l'image sous un angle d'une plus grande amplitude; et si, par la comparaison des objets extérieurs, il la rap-

orte à la même distance, à la base du triangle (*Ibi*), elle sera été grossie par cette troisième réfraction, dans le rapport de (*Ii*) à (*Hh*). L'image n'en sera pas moins renversée, mt que cette troisième lentille (*cc*) rencontrera les rayons réfractés par la deuxième (*dd*), avant leur convergence au foyer.

440. Que si au contraire la troisième lentille était placée au-delà du foyer (*b*), il s'ensuivrait qu'elle redresserait l'image, par le même mécanisme que la lentille (*dd*) l'avait renversée; mais ce ne serait le plus souvent qu'aux dépens de la netteté de l'image et qu'à ceux du grossissement.

441. Quoi qu'il en soit, tout étant ainsi disposé, le plan qui soutient le petit cristal (*ee'*), se nomme le *porte-objet* du microscope. La lentille la plus proche (*ff*), se nomme *lentille objective* ou simplement *objectif;* le système de deux lentilles (*cc* et *dd*) se nomme *oculaire* ou *système* des *oculaires.*

442. Le premier avantage de la spécialité du *microscope composé,* c'est le grossissement de l'image; c'est-à-dire l'amplification *artificielle* de l'angle visuel, qui rend apercevables les objets, lesquels, à cause de leurs petites dimensions, n'envoyaient à nos yeux les rayons lumineux que sous un angle trop aigu pour être apprécié par l'organe de la vue.

443. Le second avantage, est l'agrandissement du champ de la vision, avantage qui nous permet de voir à la fois un plus grand espace du porte-objet, et un plus grand nombre d'objets à la fois; il est dû à ce que, par suite des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité (404), les seuls rayons qui concourent à la netteté de l'image, lorsqu'on se sert d'une seule lentille à court foyer (405), sont ceux qui passent le plus près de l'axe de la lentille, c'est-à-dire de la ligne qui est sans réfraction (392). On supprime les autres au passage, dans les microscopes simples, au moyen d'un diaphragme métallique dont l'ouverture est en raison inverse du grossissement; ce qui fait qu'on voit peu d'objets à la fois par ces

adhère nécessairement à la surface de cette lentille (*d*), en face et à une certaine distance du premier ocul et l'autre (*d'*), enfin, au foyer de l'oculaire externe (cône lumineux, qui émane de l'objet à observer, est de trois fois avant de transmettre l'image à l'œil de l'obs parce que trois fois on a dû le forcer à ne travers champ de la lentille, qui donne le moins d'aberratio frangibilité et de sphéricité (405).

448. Dans un microscope composé, l'image se tr la base d'un cône indéfini, dont l'objet est le somm il est évident qu'on n'aura qu'à s'éloigner de l'obj grossir l'image, sans modifier en rien le système des ni celui des objectifs. C'est dans cette vue qu'on d système des oculaires à l'extrémité d'un tube (*tu'*), q à frottement dans le tube externe (*tu*), et qui perme bler, ou au moins d'augmenter d'un tiers la distan culaire à l'objectif. Le second diaphragme (*d*) est p base de ce tube interne. Mais il est évident égalem l'ouverture de ces diaphragmes restant invariable, la de lumière qui parvient aux oculaires, lorsque le tub est tiré, sera moindre que lorsque le tube sera rent conséquence l'image obtenue par ce procédé doit é tant moins éclairée qu'elle sera plus grossie. De là cet avantage se renferme dans des limites très born le grossissement le plus exagéré ne saurait en auc nière compenser le défaut de clarté.

449. On a soin de noircir toutes les parois intéri diverses pièces du tube, afin d'absorber les rayons l qu'on a écartés par les diaphragmes, et dont la réf manquerait pas de contrarier la marche de la réfra rayons utiles, si l'on n'avait pas recours à cette préc

450. L'œil de l'observateur, qui est à son tour u sante lentille, doit avoir son diaphragme et son tube toutes les lentilles de verre dont nous venons de pa par les mêmes raisons, il est nécessaire de le prés

ayons réfractés qui nuiraient à la netteté de l'image, et ıyons de la lumière atmosphérique dans lesquels celle-ci cerait; c'est pourquoi l'on a soin de creuser en demi-re le porte-oculaire (oc'), dans lequel l'œil doit se loger, en noircir la surface.

1. On a dû remarquer qu'au lieu du mot d'*objectif*, nous sommes constamment servi de celui de *système des len-objectives*. C'est que, dans le but de pousser aussi loin possible les avantages de l'*achromatisme* (405), on as-aujourd'hui trois lentilles achromatiques ensemble, en approchant autant que l'on peut; on les visse par leur ture l'une au bout de l'autre, de manière qu'il est loisible 'en employer que deux ou une, si l'on a besoin de tenir et à une assez grande distance du verre, la distance étant aison inverse du grossissement, et le grossissement étant ison directe du nombre des lentilles qui entrent dans le me des objectifs. Mais on remarque alors que l'*achro-isme* aussi est en raison directe du nombre des lentilles, orte qu'avec une seule il n'est pas rare de voir l'image ourer de quelques irisations; inconvénient dont on tient ement compte dans l'observation.

a conséquence, il entre aujourd'hui dans la construction out microscope cinq lentilles, dont trois au moins sont omatiques, c'est-à-dire composées chacune de deux au-, ce qui en porte réellement le nombre à huit.

52. Le PORTE-OBJET du microscope est une platine uivre (pl), ouverte au centre, pour laisser passer la lu-e, et susceptible d'avancer ou de reculer au moyen d'un anisme particulier. L'axe des lentilles objectives est tou-s perpendiculaire au porte-objet. La platine doit être z forte pour supporter le poids des mains qui dissèquent, sez large pour que rien ne gêne les mouvements de la ection ou de la manipulation chimique. L'ouverture cir-ire est corrodée de manière à recevoir une lame de verre

de même diamètre, sur laquelle on dépose les objets à observer. Tout ornement étranger doit être exclu de la construction de la platine; car les ornements qui flattent la vue, blessent les mains; et dans l'estime de l'observateur, rien n'est joli, comme ce qui est simple et commode.

453. MIROIR. Les pièces destinées à éclairer l'objet sont, dans un microscope composé, de ces sortes d'accessoires, dont l'imperfection annulerait tout le mérite du principal. Bien des microscopes ne sont défectueux que par le vice des procédés au moyen desquels on les éclaire.

On éclaire les objets opaques par *réflexion*, et les objets transparents par *réfraction*; les premiers, en faisant tomber la lumière sur la surface de l'objet qui est tournée vers l'objectif; les seconds, en projetant la lumière sur la surface opposée; les uns en éclairant leur superficie, les autres en éclairant leur intérieur.

454. *Miroirs réfracteurs.* Ce sont des miroirs en glace (*m*), qui tournent par leur diamètre à l'extrémité des deux branches (α) d'un demi-cercle, qui lui-même se fixe au bout d'une tige, susceptible de tourner sur son axe; celle-ci est terminée par un anneau, qui glisse contre la tige du microscope, et permet de rapprocher ou d'éloigner à volonté le miroir du porte-objet. Les miroirs planes ne projetteraient pas assez de lumière sur l'objet, lorsqu'on se sert de la lumière des nuages ou de celle d'une lampe; les miroirs concaves en projetteraient trop, et rendraient l'objet méconnaissable, en concentrant sur lui les rayons solaires; on a donc pris le parti de réunir les deux dans la même monture, le *miroir plane* et le *miroir concave* étant appliqués dos à dos. Le rayon de courbure (414) du miroir concave doit être d'autant plus court, que l'on vise à des grossissements plus forts, et que le tube du microscope est d'un plus petit diamètre. C'est par des tâtonnements qu'on arrive à trouver la courbure la

ss convenable à la vision, dans la construction d'un mi-
oscope : c'est un point essentiel à déterminer.

455. Mais de même que les rayons émanés de l'objet, qui
mbent sur la surface d'une lentille, ne sont pas tous d'une
ile réfraction, de même les rayons qui arrivent du miroir
r l'objet, ne sont pas tous propres à en donner l'image la
us nette. Le faisceau dont on l'éclaire doit toujours être en
pport avec sa transparence ; la trop grande lumière ren-
nt invisibles les uns en les débordant, comme l'obscurité
s autres. Le *porte-objet* a donc dû aussi avoir son dia-
hragme (*dd*) ; c'est une lame de métal percée de trous d'un
amètre variable, et que l'on place à une certaine distance
u porte-objet ; on peut retrancher de la sorte, du cône lumi-
eux, autant de zones que l'exige la netteté de l'image. Car
our voir un objet, il ne faut jamais que la lumière, qui ar-
ive à notre œil du milieu ambiant, soit beaucoup plus forte
ue celle qui nous est transmise par l'objet lui-même ; l'une,
n effet, envahirait la vision, aux dépens de l'autre.

456. *Miroirs réflecteurs.* Dans les anciens microscopes, on
isait, à l'extrémité du tube des objetifs (*ob*, fig. 1, pl. 5), une
alotte perforée au centre, revêtue d'une feuille d'argent poli
ur sa surface concave, laquelle était tournée du côté de l'ob-
et ; c'était un miroir destiné à concentrer de haut en bas, sur
'objet, ceux des rayons transmis de bas en haut par les miroirs
ont nous venons de parler, qui débordaient l'objet opaque,
equel était supposé au foyer du miroir réflecteur. Mais avec
uelque soin qu'on exécutât ces sortes de pièces, non seulement
l était impossible de déterminer rigoureusement leur foyer,
ais encore, alors même qu'on aurait atteint ce but, les ob-
jets opaques ayant une épaisseur variable sur toute l'étendue
e leur surface, il arrivait qu'un point étant plus éclairé qu'un
autre, et que tel autre se trouvant dans la plus complète obs-
curité, l'emploi d'un miroir réflecteur, au lieu de profiter à
l'observation, devenait une source inépuisable d'illusions
l'optique. Ensuite la structure de ces miroirs ne permettait

pas de les appliquer aux forts grossissements, à ceux que donnent les lentilles d'un foyer court; et quant aux grossissements faibles, qui permettent de tenir l'objet à une assez grande distance de la lentille, la lumière des nuages les éclaire bien mieux que ne feraient ces sortes d'appareils; aussi paraît-on en avoir complétement abandonné l'usage; on les a remplacés par des prismes à surfaces courbes, ou mieux par des lentilles convexes, à monture mobile dans tous les sens, pour prendre la lumière dans tous les azimuts, et la concentrer par convergence sur les objets opaques.

457. Telle est la structure du microscope composé, réduit à sa plus simple expression, et muni des pièces indispensables à son usage. Quant aux modifications que les observateurs ont apportées à la monture, depuis son invention jusqu'à nos jours, elles sont presque innombrables; et toutes avaient également leur utilité et leur désavantage, ce qui faisait que les fabricants attachaient peu d'importance aux différences, tant que l'emploi du microscope fut limité aux démonstrations des cours de physique ou aux observations de *micrographie*, telles que l'histoire naturelle les admettait pour sa nomenclature. Mais tout cela a dû changer alors qu'une nouvelle méthode a reculé les bornes de l'application de cet instrument; il a fallu une nouvelle monture pour de nouveaux procédés, de nouvelles pièces pour de nouveaux usages. Il a fallu remplacer la richesse, qui ajoute aux amusements des amateurs, par la solidité que réclame une manipulation journalière; les effets des détails par l'harmonie et la simplicité de l'ensemble; et, ce qui n'était pas le point le plus facile à résoudre, amener le fabricant à fournir tout cela à un prix, qui permît de faire passer l'instrument, du cabinet des curieux dans le laboratoire du plus modeste travailleur.

458. Nous allons décrire la forme à laquelle nous nous sommes arrêté, pour remplir ces conditions, dans l'intérêt de la nouvelle méthode, dont ce livre est consacré à donner l'exposition.

MICROSCOPE DOUBLE.

459. Ce microscope, réunissant, sur la même monture, le microscope simple et le microscope composé, se prête à tous les genres de grossissements, et suffit à toutes les observations d'anatomie, de physique, et de chimie microscopique. La fig. 1, pl. 5, le représente monté sur sa boîte, et muni de ses pièces principales.

460. La boîte (*b*), en bois de noyer verni, a 29 centimètres de long, sur 21 de large, et 7 de hauteur environ. Le tiroir (*tr*) s'ouvre sur un des petits côtés; toutes les pièces du microscope y sont disposées par numéros répétés sur la pièce et sur la place qu'elle occupe; une instruction pratique, dont un exemplaire est joint à chaque instrument, indique dans quel ordre chacun de ces numéros doit prendre rang, lorsqu'on veut monter le microscope. Le couvercle est fixe, et sert de support à l'instrument, ainsi que de point d'appui à la main du dessinateur. Les dimensions du microscope sont telles, qu'en le plaçant avec sa boîte sur une table ordinaire, l'oculaire (*oc*) se trouve à la hauteur de l'œil de l'observateur assis, et qu'on n'éprouve pas la moindre gêne à voir et à dessiner en même temps, ce qui est un avantage précieux pour la commodité de l'observation et pour la santé de l'observateur.

461. A l'opposé de l'ouverture du tiroir, et sur le bord du couvercle, s'insère la tige cylindrique du microscope (*tg*) par le pivot de sa base, dans une douille en cuivre, dans laquelle elle peut tourner sous tous les sens, pour permettre de prendre le jour dans tous les azimuts, et d'amener le porte-objet dans toutes les directions que l'on juge les plus favorables à l'observation, sans avoir à changer la boîte de place. Cette tige est longue de 15 centimètres environ. La vis de pression (*v*) sert à fixer le pivot dans sa douille, une fois que la tige a été tournée dans le sens du jour favorable. Le motif

qui a déterminé la position du microscope sur le bord de la boîte, au lieu du milieu, qu'indique la symétrie, pourra être plus facilement apprécié, lorsque nous aurons à nous occuper de l'art de mesurer les objets microscopiques, et surtout des procédés pour observer les phénomènes intimes de l'ébullition. Mais on comprendra, dès à présent, qu'en le reléguant au bord opposé à l'ouverture du tiroir, on laisse au dessinateur une plus grande surface, et que l'on peut par là donner au tiroir des dimensions plus grandes, et en rendre plus faciles les mouvements.

462. La tige est brisée vers sa base (*br*), pour être renversée, lorsqu'on désire observer les objets non verticalement, mais horizontalement.

463. Elle supporte trois systèmes de pièces essentielles: 1° la monture du miroir (*m*); 2° celle qui sert à faire mouvoir le porte-objet (*pb*); 3° enfin l'appareil destiné à amener le système optique au-dessus de l'objet à observer.

464. Ce dernier appareil se compose d'un levier horizontal (*lv*), qui pivote, dans la tige du microscope, à la faveur d'un cylindre vertical (*p*), pour amener au besoin le tube du microscope sur tous les points de la circonférence, dont ce pivot est le centre. Ce levier sert de fourreau à un levier interne (*lv'*), que le jeu du bouton (*bt*) fait entrer et sortir à volonté, pour porter d'arrière en avant et ramener d'avant en arrière, la monture qui sert à fixer à son extrémité libre la loupe ou le tube du microscope.

465. L'appareil du porte-objet se compose d'un fourreau qui engaîne la tige, et qui est susceptible de monter et de descendre par le jeu du bouton (*b*), au moyen duquel on fait tourner l'extrémité dentée d'un pignon, qui s'engrène dans une crémaillère fixée sur la surface de la tige (*tg*). Ce fourreau est terminé à son extrémité supérieure, par une queue d'aronde (*tr*) solidement soudée à angle droit, et dans laquelle s'introduit à frottement le manche de la platine horizontale (*pl*), sur l'ouverture de laquelle se placent les *porte-objets*.

466. Cette platine (fig. 3) est une lame de cuivre jaune, en carré long, à surface unie, à bords arrondis, de 8 centimètres de long sur 6 environ de large, et percée, sur le milieu de son aire, d'une ouverture circulaire de 4 centimètres environ de diamètre, recevant dans un rebord la lame circulaire de verre qui sert de *porte-objet*. Avec cette disposition, comme on le voit, le *porte-objet* reste fixe pendant toute la durée de l'observation ou de la dissection; et c'est en faisant mouvoir de gauche à droite, et d'avant en arrière, le levier horizontal du microscope (464), que l'on cherche l'objet de l'observation même; ce qui procure l'avantage de pouvoir soumettre à tous les genres de grossissements le même corps sans le déplacer, la même membrane sans en plisser la surface, la même face d'un objet sans la changer de jour.

567. Mais cet avantage inappréciable serait détruit par le seul fait, si le diaphragme (455), qui sert à diminuer le volume du faisceau destiné à éclairer l'objet, était fixe, comme dans les microscopes ordinaires, et ne permettait à la lumière que d'arriver au centre du porte-objet. Nous avons donc dû adopter, pour ce nouveau microscope, un diaphragme (*dd*) d'un mécanisme tout particulier, qui permît à la lumière projetée par le miroir (*m*), de suivre tous les mouvements de l'objectif, et de se trouver toujours sur son axe.

468. Ce diaphragme (fig. 4) est formé de deux lames noircies, horizontales, arrondies d'une manière uniforme, susceptibles de tourner, par une gaîne commune (*g*), autour d'une tigelle verticale (*pv*), qui est fixée au-dessous du manche de la platine (*pl* fig. 1 et fig. 3). L'une des deux lames est percée d'une ouverture longitudinale (*ov*), large de 5 millimètres environ, qui part de la gaîne, et se dirige vers le milieu de la circonférence. L'autre lame, au contraire, est percée de neuf ouvertures circulaires (*ov'*) de près de 5 millimètres de diamètre, disposées sur un arc de cercle qui part d'un côté de la gaîne (*g*), et se dirige vers l'une des extrémités de la lame. A la faveur des deux boutons (*bb'*), il est facile de faire

pivoter les deux lames, en sens inverse l'une de l'autre, autour de leur gaîne (*g*), qui leur sert de centre, et d'amener successivement toutes les ouvertures circulaires (*ov'*), dans le plan de l'ouverture longitudinale (*ov*). On conçoit facilement que, par ce simple mécanisme, on peut amener la lumière sur chaque point du *porte-objet*, en conservant dans l'ombre tous les autres. On diminue ensuite ou l'on augmente le volume du faisceau lumineux, en approchant ou en reculant ce diaphragme de la platine, au moyen de la gaîne qui glisse à frottement contre le pivot vertical (*pv*) de la platine (fig. 3).

469. Si l'on trouvait que, malgré la faible ouverture des trous de ce diaphragme, le lumière déborde un peu l'objet, on corrigerait ce mauvais effet, en se servant d'un petit cône noirci à deux ouvertures inégales, dont la plus grande s'adapterait, à baïonnette, dans celui des trous du diaphragme par lequel on projette la lumière sur le porte-objet.

470. La monture du miroir (*m*) a dû subir à son tour une modification analogue, c'est-à-dire ayant pour but d'amener l'axe du cône lumineux, perpendiculairement à toutes les positions que le corps observé est dans le cas d'occuper, sur l'aire du *porte-objet* en verre. A cet effet, la tige horizontale qui supporte le miroir, se coude en (*cd*), de manière qu'en faisant tourner la gaîne (*g'*) autour de la tige, à laquelle la fixe pendant le repos la vis de pression (*v*), on raccourcit ou l'on allonge la distance, à laquelle on veut placer le foyer de la glace concave du miroir. La gaîne (*g'*) de la monture de cet appareil peut monter ou descendre contre la tige du microscope, mouvement qui ajoute à l'effet du mouvement de bas en haut du diaphragme (468), et permet d'augmenter ou de diminuer à volonté, le volume du faisceau par lequel on cherche à éclairer l'objet.

471. Cette disposition générale étant une fois bien conçue, on peut transformer cette monture en celle d'un microscope simple ou d'un microscope composé, au moyen de deux petits corps de rechange, que nous désignerons, l'un par le nom

de *porte-loupe*, et l'autre par celui de *porte-microscope*.

472. Le porte-microscope (fig. 2, pl. 5) est un large anneau soudé, par l'une des extrémités de son diamètre, à une queue d'acier carrée (*q* fig. 2) qui entre à frottement dans l'extrémité du levier horizontal (*lv'*, fig. 1), et s'y fixe par une vis de pression (*v'*) ; à l'autre extrémité du même diamètre, il s'ouvre et se prolonge en deux lames parallèles, qui s'éloignent ou se rapprochent au moyen de la vis de rapprochement (*v*, fig. 2), ce qui lui permet d'embrasser étroitement le tube vertical du microscope composé, de la manière que représente la fig. 1.

473. Mais qu'on remplace ce large anneau par le porte-loupe (fig. 5, pl. 5, *pt*), et dès ce moment, on aura un *microscope simple*; les *porte-lentilles* (*ptl*) se vissant dans son ouverture circulaire; la queue (*q*) se fixant à l'extrémité du levier horizontal (*lv'*, fig. 1), dans la position dont la fig. 5 donne le profil; (*ptl*) étant le chaton concave du *porte-lentille*, dans lequel se loge l'œil de l'observateur; (*l*) la lentille de verre *sertie* à la base de ce cône.

474. La boîte du microscope renferme six lentilles simples de différents foyers, montées dans tout autant de *porte-lentilles* de même diamètre : la première de 1 pouce, la deuxième de 8 lignes, la troisième de 4 lignes, la quatrième de 2 lignes, la cinquième de 1 ligne, la sixième enfin de $\frac{1}{2}$ ligne de foyer, de manière qu'on peut grossir les objets huit, douze, vingt-quatre, quarante-huit, quatre-vingt-seize, enfin cent quatre-vingt-douze fois, en les remplaçant les unes par les autres.

475. Quoique la crémaillière (465) permette de descendre la platine (*pl*, fig. 1) à plus d'un pouce de distance de la lentille, cependant il arrive que l'objet à observer est d'une épaisseur telle, que sa surface s'élèverait au-dessus du foyer de la plus faible des lentilles. Dans ce cas on tire le pivot (*p*) du levier horizontal, hors de la tige (*tg*, fig. 1), pour amener la lentille à la hauteur déterminée par la portée de son foyer respectif

476. Le tube du microscope composé (pl. 5, fig. 1 *tu*), n'est long que de 12 centimètres, et pourtant il suffit pour obtenir, par la combinaison des mêmes objectifs avec divers oculaires, les grossissements de 300 et même 500 diamètres, lorsque le tube interne (*tu'*) est poussé dans le tube externe; et les grossissements de 500 et même 800 diamètres, lorsqu'on tire le tube interne, et qu'on augmente ainsi d'un tiers seulement la distance de l'oculaire à l'objectif. Nous avons été forcé d'adopter cette longueur, non seulement pour que le fabricant pût tenir le prix de l'instrument à un chiffre raisonnable, mais encore d'un côté afin de ne pas charger le levier horizontal d'un poids trop lourd, en nous servant d'un tube de plus fort calibre, et de l'autre afin de ne pas dépasser la hauteur de l'œil de l'observateur, en nous servant d'un tube d'une plus grande longueur.

477. Le seul inconvénient (car en ce bas monde, à côté des plus grands avantages, se place toujours un inconvénient), le seul inconvénient qui résulte de l'emploi d'un tube d'aussi petit diamètre, c'est que le champ visuel se rétrécit dans la même proportion que le diamètre des oculaires, et que l'on découvre moins d'objets à la fois, quand on arrive aux forts grossissements; inconvénient ou plutôt incommodité qui est rachetée par des avantages d'une toute autre importance, au point de vue où la nature de cet ouvrage place l'observateur.

478. Examinons maintenant le genre d'utilité qu'offre chacun des grossissements de ce microscope, tel qu'il est livré dans le commerce. Nous avons déjà démontré que la distance focale est d'autant plus courte, et le porte-objet d'autant plus rapproché de l'objectif, que le grossissement d'un système optique est plus élevé (399). Il sera donc d'autant plus facile de procéder à l'étude anatomique et chimique d'un corps sur le porte-objet, que les grossissements employés pour diriger l'opération seront plus faibles. En toutes choses, c'est par ceux-ci qu'il faut commencer, pour préparer l'observation que l'on doit soumettre aux autres.

479. Le tube (*tu'*) poussé dans l'autre, et en ne laissant à l'objectif (*ob*) qu'une seule de ses trois lentilles achromatiques, on a un grossissement de 85 diamètres seulement; grossissement que dépasse, il est vrai, une lentille simple d'une ligne de foyer (434), et avec plus de clarté. Mais le microscope composé a l'avantage en ce point, d'élargir le champ de la vision, ce qui flatte la vue, et de tenir l'objet à 4 millimètres de distance, ce qui permet à la main de l'observateur de manipuler en toute liberté. En tirant le tube (*tu'*), on obtient un grossissement de 125 diamètres. Cependant il ne faut pas s'attendre à jouir, avec cette seule lentille objective, d'un achromatisme (405) aussi parfait, qu'avec trois; cela n'est point dans la puissance de l'art. Si l'on tenait à se procurer le même grossissement avec les trois lentilles objectives, on aurait à faire la dépense d'un jeu plus faible d'oculaires (*oc*) ou d'objectifs (*ob*), que le fabricant vend à part.

480. Avec deux lentilles objectives (*ob*) seulement, et le tube (*tu'*) poussé dans l'autre, le grossissement est de 125 diamètres et la distance focale de 2 millimètres; en tirant le tube (*tu'*) le grossissement s'élève à 250 diamètres, la distance focale se raccourcissant d'un demi-millimètre environ.

481. Enfin, avec les trois lentilles objectives (*ob*) ajoutées bout à bout, comme elles le sont sur la fig. 1, pl. 5, le grossissement est de 350 diamètres, le tube (*tu'*) poussé dans l'autre. Il s'élève à 500 diamètres, le tube étant tiré; et à ce chiffre, l'image est encore nette et suffisamment éclairée; mais la distance focale n'est plus alors que d'un demi-millimètre, ce qui exige beaucoup de précaution et une certaine habitude de mettre l'objet au foyer. Le moindre mouvement trop brusque plongerait la lentille dans l'objet ou le liquide qui l'entoure.

482. Pour obtenir des grossissements plus forts, on emploie des oculaires plus puissants, qui donnent alors le grossissement de 500, le tube (*tu'*) poussé; et de 800, le tube (*tu'*) tiré. Mais, ainsi que dans tous les microscopes possibles, ces gros-

sissements exagérés ne s'obtiennent qu'aux dépens de la clarté, et leur genre d'utilité est tout exceptionnel et de circonstance; on ne s'en sert que dans certaines observations.

483. Lorsqu'on observe les corps opaques, la lumière doit leur arriver d'en haut; et celle que projetterait autour d'eux la lumière du miroir inférieur, ne pourrait que nuire à la vision, par le phénomène de la diffraction. On la supprime, en plaçant sous le porte-objet en verre (*pb*), un diaphragme sans ouverture, de même diamètre, et noirci sur toute sa surface. On fixe alors contre la platine, la monture de la loupe réflective (pl. 5, fig. 6). La griffe (*gr*) embrasse l'épaisseur de la platine (*pl*, fig. 1), et fixe la monture dans une position quelconque par la vis de pression (*v*); or, comme la tige (*tig*) mobile dans sa gaîne (*g*), mobile dans le deuxième coude (*c'*), se coudant à charnière en (*c''*), est susceptible de tourner en (*m*), et que le porte-lentille tourne sur son axe à l'extrémité des deux branches (*aa*), on peut prendre le jour et le répandre sur l'objet dans toutes les positions possibles.

484. De même qu'on supprime la lumière réfractée, lorsqu'on veut observer par réflexion, de même on doit supprimer toute lumière réfléchie, lorsqu'on veut observer par réfraction, les effets de l'une n'étant propres qu'à induire en erreur sur les interprétations des effets de l'autre. L'*abat-jour* (fig. 12), petit cylindre dans lequel se loge l'extrémité inférieure du tube du microscope, est destiné à supprimer tous les rayons réfléchis, en s'appliquant par sa base, sur la surface du porte-objet lui-même.

485. Nous avons dit qu'il pouvait se présenter des circonstances telles, que l'on aurait intérêt ou fantaisie à observer les objets horizontalement, et à les éclairer directement par la lumière des nuages et sans l'intermédiaire du miroir (*m*). Le microscope double se brise, vers la base (*br*), dans ce but. Mais il arriverait infailliblement dans ce cas, que le liquide du porte-objet entraînerait l'objet sur la platine, ou que le

porte-objet lui-même se déplacerait, par suite des mouvements imprimés à l'instrument. On maintient le porte-objet en position, au moyen de deux pinces (fig. 7 *pr*), dont la griffe (*gr*) saisit l'épaisseur de la platine par la vis de pression (*v*), et dont la tige (*tg*) se meut dans la gaîne (*g*) circulairement et de haut en bas à frottement. On s'oppose à l'écoulement du liquide, en l'emprisonnant dans les *porte-objets à réactifs*, qui se composent de deux lames appliquées à frottement l'une contre l'autre, et dont l'inférieure est creusée d'un segment de sphère (*sp*) à l'émeri. Nous en avons fait construire de différentes formes, à lames quarrées (fig. 8), parallélogrammes allongés (fig. 9), et circulaires (fig. 10), du même diamètre que l'ouverture de la platine (*pl*, fig. 1).

486. Le procédé pour utiliser ces appareils n'est pas d'une grande complication; on passe, sur la surface de la lame, une couche mince d'une substance non attaquable par le liquide que l'on veut emprisonner; le plus souvent un peu de salive suffit; on glisse à frottement la lame supérieure sur l'inférieure, jusqu'à ce que l'adhérence paraisse assez grande, et on amène le bord de la lame supérieure environ au-dessus des deux tiers de la cavité (*sp*) de la lame inférieure; on introduit alors dans la cavité le corps à observer, avec une quantité de liquide qui déborde; on pousse aussitôt la lame supérieure, pour chasser devant elle le superflu; on est sûr, de cette manière, que l'air ne pénètre pas dans la cavité, laquelle se trouve hermétiquement close, une fois qu'à la faveur d'une pression secondée par des frottements de va et vient suffisamment répétés, on est parvenu à compléter l'adhérence des deux surfaces accolées ensemble. Les deux lames tiennent alors entre elles, comme si on les avait soudées ensemble, et le liquide se trouve emprisonné hermétiquement, pour ainsi dire, dans un flacon microscopique à l'émeri (51). On conçoit que l'objet enfermé dans une cavité de ce genre a beau se déplacer, il ne saurait se soustraire à l'inspection microscopique, qu'en conséquence on peut impunément donner à ces lames la position

verticale ou horizontale. Mais quelle que soit celle des deux positions que l'on adopte de préférence, ces sortes d'appareils sont indispensables, toutes les fois qu'on a à soumettre une substance, à l'influence prolongée d'acides volatils ou avides d'humidité, d'alcalis qui se carbonateraient à l'air, enfin de réactifs et menstrues qui s'altèreraient ou se volatiliseraient. On doit en avoir toujours une certaine provision à son service.

487. Quoique le porte-objet en verre (*pb*) soit à demeure pendant l'observation, qu'on soit dispensé d'y porter la main pour amener l'objet sous le microscope, cependant il arrive fréquemment que le liquide déborde sur la monture, par suite de l'impossibilité où l'on se trouve d'amener la platine à une parfaite horizontalité; inconvénient dont la conséquence la moins grave est, selon la nature chimique du liquide, d'altérer le poli des pièces et la facilité de leurs mouvements. Pour prévenir ces sortes d'accidents, nous avons fait corroder, sur la lisière du porte-objet en verre (*pb* fig. 1, et fig. 11), une gouttière circulaire (*gt*), qui sert de fossé au petit débordement, et arrête le liquide au passage.

488. Enfin, dans le but de préserver la monture des objectifs (*ob* fig. 1) du contact des acides, ou de l'évaporation des liquides, on a disposé un manchon (fig. 13), formé d'un fond de tube de verre (*tu*) fermé à la lampe, et mastiqué sur ses bords à un cercle de cuivre (*an*), dans lequel rentre à frottement l'extrémité inférieure du tube du microscope; en sorte que le fond du manchon vient s'appliquer presque sur la surface de la lentille objective. L'épaisseur du verre du manchon étant moindre que la distance focale, l'interposition de sa substance n'est pas un obstacle à la vision; et malgré les défauts que tout l'art du souffleur ne saurait jamais faire entièrement disparaître, il est impossible qu'en tournant le manchon sur son axe on n'arrive pas à rencontrer un espace, si petit qu'il soit, qui laisse passer les rayons lumineux sans leur faire subir la moindre déviation.

489. Cet appareil est de la plus grande utilité pour ob-

server les corps dans un liquide en ébullition, ou dans un menstrue d'une rapide volatilité. En effet, si l'on tenait la lentille objective à distance de la surface du liquide, les vapeurs dégagées ne manqueraient pas de venir se condenser en petites gouttelettes contre la surface de la lentille, et d'y former autant de centres de réfraction, qui annuleraient, par ce seul fait, la réfraction générale. En plongeant la lentille dans le liquide même, on préviendrait cet accident; mais le liquide s'introduirait dans la monture du microscope, et les vapeurs viendraient se condenser dans l'intérieur. A l'aide du manchon, on préserve la monture, et on s'oppose à la formation des vapeurs; on peut assister enfin sans le moindre inconvénient, aux influences les plus intimes de l'ébullition d'un liquide, sur une substance donnée. Dans cette circonstance, on remplace le porte-objet (*pb* fig. 1) par un verre de montre d'un diamètre analogue, et le miroir (*m*), par une lampe à esprit-de-vin (*lm* fig. 2, pl. 3), que l'on peut éloigner à toutes les distances possibles du porte-objet, en tournant le corps du microscope en dehors de la boîte.

490. Ce petit arsenal pour les observations délicates est complété par une *pince à main* (pl. 3, fig. 18 *pi*) à pointes dentées en dedans, par un *scalpel* à tranchant recourbé en arrière, et par *deux petites aiguilles emmanchées* (fig. 18, pl. 3 *aig*), trois instruments qui suffisent à tous les besoins d'une dissection microscopique.

491. Mesures micrométriques. Si l'on avait soin de soustraire la vue de l'appareil dn microscope aux personnes, auxquelles on montre quelque objet microscopique, et que l'on disposât l'instrument dans une chambre obscure, de manière que l'oculaire fît l'office d'une ouverture pratiquée dans le mur, et donnant vue sur un lointain quelconque; il est certain que le champ visuel du microscope apparaîtrait aux yeux de l'observateur novice, comme une mer immense, dans laquelle

s'agiteraient des corps animés et inanimés, d'une grandeur démesurée. Une goutte d'eau de nos mares, du diamètre d'un demi millimètre, deviendrait ainsi un océan et un monde nouveau, par suite de cette simple disposition, qui transformerait le microscope en lanterne magique ou en *panorama*.

492. D'où vient donc que tout ce monde resserre ses limites, que tous ces géants se rapetissent à nos yeux, par cela seul que nous les contemplons, après avoir mesuré d'un coup d'œil le tube étroit, à travers lequel ces mystères se révèlent? c'est que nous ne possédons pas de mesure absolue des dimensions; c'est que la grandeur des objets n'est que relative; c'est que les corps de la nature ne sont pas essentiellement grands, mais plus ou moins grands que tel autre; c'est enfin parce que nous ne jugeons de la grandeur de l'un que par comparaison avec l'autre; et que la comparaison des grandeurs ne peut jamais se faire de souvenir.

493. Lors donc que j'observe, à travers un tube dont j'ignore et le diamètre, et la longueur, et le mécanisme, un espace lumineux, où se meuvent des légions tumultueuses d'êtres d'une structure compliquée et d'une physionomie distincte, ne pouvant comparer ces corps qu'entre eux et avec les limites de l'espace qu'ils habitent, la première opération de mon esprit est d'étudier leurs proportions relatives; si je veux ensuite comparer les phénomènes de ce monde tout nouveau avec les phénomènes du monde que j'habite, je ne saurais avoir recours qu'au raisonnement, qui m'indique que des milliers d'êtres si distincts ne pourraient être vus à cette distance, s'ils n'étaient pas gigantesques, et ne sauraient se mouvoir avec de telles tailles, que dans un espace immense peut-être comme notre horizon.

494. Mais que tout-à-coup je déchire le voile qui me cachait ce mystérieux mécanisme, et que je découvre que ce tableau est un prestige, et que tout s'y passe à travers un diaphragme de 3 millimètres au plus, et dans la longueur d'un tube de 12 à 20 centimètres, dès ce moment l'illusion

tombe, les proportions se réduisent à une mesure ordinaire, dont la comparaison simultanée va me servir à établir des rapports constants. Car en observant de l'œil droit l'image transmise par le tube, et de l'œil gauche les objets extérieurs, il me sera facile d'établir de combien les uns me semblent plus grands que les autres.

495. Mais lorsque l'œil droit est logé dans la cavité de l'oculaire, et que de l'œil gauche j'observe les corps environnants, je m'aperçois que ceux-ci ne deviennent distincts à la vue qu'à une certaine distance; en deçà de cette limite leurs formes s'altèrent d'autant plus et la vision devient d'autant plus confuse, qu'ils se trouvent placés plus près de mon œil. Or l'analogie, qui agit sur notre conception, en dépit de tous les calculs, me portera à admettre que ces images, qui me viennent du fond du tube du microscope, contre lequel est appliqué mon œil, ne sauraient appartenir qu'à des corps placés plus ou moins sur la limite de la vision distincte. C'est donc avec des corps exposés à cette distance à la vue simple, que je serai amené à comparer les images grossies par l'instrument. Cette distance, variable selon la portée des différentes *vues*, peut être évaluée en moyenne à 30 centimètres; c'est celle qu'il faudra adopter, pour avoir une mesure commune des objets microscopiques; et lorsque la portée de la vue n'ira pas si loin, il faudra avoir soin de noter la distance à laquelle on mesure.

496. Que l'on place sur la table, et à 30 centimètres de distance, une règle (*rg* fig. 1, pl. 5) divisée en centimètres et en millimètres, que l'on fixera de l'œil gauche, en même temps que de l'œil droit appliqué contre l'oculaire (*oc'*), on observera l'image grossie par l'instrument; il arrivera un moment où, par suite de l'unité de la sensation optique, l'image semblera se superposer sur la règle, dont elle recouvrira un nombre de divisions facile à déterminer. Nous aurons dès lors la grandeur de l'image transmise par le microscope.

Pour déduire de ce résultat la grandeur de l'objet mi-

croscopique lui-même, dont nous venons de mesurer l'image, nous commencerons par mesurer la distance à laquelle l'objet se trouve par rapport à la surface inférieure de la lentille objective (*ob*), c'est-à-dire de déterminer la distance focale de celle-ci (403). Or, si ma vue était organisée de manière à percevoir un objet placé à la distance focale de la lentille, l'image m'arriverait sous un angle, dont la grandeur réelle de l'objet serait la base, c'est-à-dire la tangente au rayon qui partirait du milieu de la longueur de l'objet; dans la fig. 12, pl. 4, le petit cristal (*ee*) serait cette tangente; je verrais alors ce petit cristal sous l'angle (*eje'*). Mais si le cristal était assez grand pour être aperçu, à 30 centimètres de distance, avec les dimensions que le microscope employé communique à son image; en supposant cette dimension égale à (*g*G, fig. 12, pl. 4), la distance de 30 centimètres étant égale à (*ja'*), il était évident que les deux triangles (*eje'*) et (*gj*G) seraient proportionnels entre eux; qu'en conséquence la base (*ee'*) du premier serait contenue dans la base (*g*G) du second, autant de fois que la perpendiculaire (*aj*) du premier dans la perpendiculaire (*a'j*) du second, $ee' : gG :: aj : a'j$; c'est-à-dire que la grandeur réelle du petit cristal est contenue autant de fois dans la grandeur apparente de son image, que la distance focale de la lentille (413) l'est dans 30 centimètres, qui est la distance à laquelle nous avons placé la mesure commune. Désignons donc la distance focale par D, la grandeur de l'image par I, la limite de la vision distincte par L, et la grandeur réelle de l'objet par x, l'équation suivante $L : D :: I : x$, donnera la valeur de ce dernier terme; d'où $\frac{D}{L} = \frac{x}{I}$, ou $x = \frac{D \times I}{L}$. Si donc la distance focale est de 2 millimètres, et que l'image apparente soit de 25 millimètres, la grandeur réelle de l'objet sera $\frac{2 \times 25}{300} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6}$ de millimètre; le microscope aura donc grossi l'objet 150 fois, chiffre

I sera l'indice de la puissance ampliante de cette lentille. ... l'on conclura qu'une lentille d'un millimètre de foyer, ... du fabricant était capable d'arriver à une courbure de genre, grossirait 300 fois les objets ; qu'une lentille de 3 millimètres de foyer grossira 100 fois, une lentille de 4 millimètres 75 fois, une lentille de 5 millimètres 60 fois, une de ... millimètres 50 fois, une lentille de 2 centimètres 15 fois, une de 3 centimètres 10 fois. Pour les personnes dont la ... distincte est juste à 8 pouces de distance, elles évalueront la distance focale en lignes, et elles diviseront D × I, par ... lignes, pour avoir la grandeur de l'objet.

497. La distance focale, avons-nous déjà dit, n'est pas ... jours facile à déterminer d'une manière rigoureuse ; il est, ... déterminer la puissance ampliative, c'est-à-dire le grossissement du microscope, un autre procédé qui donne des indications justes et non moins promptes, une fois qu'on a contracté l'habitude de s'en servir. Il est également fondé sur ... ration de la double vue ; mais le terme de la distance focale y est remplacé par la grandeur réelle de l'objet. Soit, en effet, un objet dont, tout petit qu'il soit, je sois parvenu à déterminer rigoureusement le diamètre réel ; si je le place au foyer du microscope, et qu'en même temps que je le fixe de l'œil droit, je fixe de l'œil gauche une règle divisée et placée à la distance de 30 centimètres, il est évident que la puissance ampliative du microscope sera égale au nombre de fois que la grandeur réelle de l'objet aura été ajoutée à elle-même, alors que son image se superposera sur la règle divisée (496), c'est-à-dire que le grossissement G sera égal à l'image I, divisée par la grandeur réelle g : $G = \frac{I}{g}$. D'où $G \times g = I$, et $g = \frac{I}{G}$; c'est-à-dire qu'une fois que j'aurai, par ce moyen, déterminé la puissance ampliative du microscope, je n'aurai plus, pour obtenir la grandeur réelle d'un objet quelconque, qu'à diviser l'image mesurée sur la règle, par le grossissement lui-même.

498. Mais en substituant, à un corps de la nature, l tion d'une mesure adoptée, qui puisse se prêter à l'obse microscopique, on amènera l'évaluation à une précisio rigoureuse qu'il est possible de l'atteindre, avec l'imperf de nos organes. Soit, en effet, un espace de 1 millimètre au diamant, sur une lame de verre, en 50 ou 100 partie les (*) ; à quelque grossissement qu'on élève la puissan microscope, il est certain que l'une au moins de ces divisions tombera dans le champ visuel du microscope donc que, par le *procédé de la double vue*, l'une de ce sions coïncidera avec celles de la règle observée à l'o on n'aura plus qu'à lire le nombre de divisions de mê leur de la règle observée à l'œil nu, que recouvre l'u fractions du millimètre qu'on observe au microscope, en déduire le grossissement du microscope. En effet, s tervalle entre deux divisions microscopiques de la la verre, recouvre un centimètre de la règle observée à 3 timètres de distance, le microscope aura grossi cet inte 500 fois, dans le cas où chaque division micrométrique respondrait à $\frac{1}{50}$ de millimètre ; car alors, par l'effet puissance ampliative du microscope, $\frac{1}{50}$ de millimètre devenu égal à 10 millimètres, c'est-à-dire à 10 × 50 =

499. On doit avoir soin, en procédant à ces apprécia d'amener le micromètre au foyer, c'est-à-dire au poi les divisions tracées au diamant s'offrent pures et comm traits noirs et sans pénombre. Ensuite il faut que la règ sert de mesure soit placée sur la table, et qu'elle puiss amenée à coïncider avec le micromètre par des mouvem faciles et doux ; la coïncidence doit être parfaite, et sur la longueur des traits, et sur toute leur épaisseur.

(*) Ces lames de verre se nomment des micromètres. Il est des qui portent la division à 200 et 400 même avec une netteté admi ce qui exige le concours d'un excellent instrument diviseur et main exercé. Le millimètre divisé en 100 parties suffit à toutes les vations ; le prix n'en dépasse pas 15 francs,

500. Lorsqu'on cherche à mesurer la puissance des grossissements élevés, qui ne s'obtiennent qu'au détriment de la lumière et de la clarté des images, il s'établit une lutte pénible et fatigante entre les deux yeux de l'observateur, dont l'un est plongé dans les ténèbres, et dont l'autre est inondé de lumière; et la coïncidence des divisions est alors d'une grande difficulté à déterminer.

501. On obvie à ce grave inconvénient par le procédé qui suit: On détermine, par le procédé ci-dessus, le grossissement du premier oculaire (*oc'*, fig. 1, pl. 5), c'est-à-dire en plaçant, sur le diaphragme (*d'*) de son foyer, un micromètre qui, cette fois, ne doit contenir que des millimètres sans autres fractions (*). Si maintenant on laisse ce petit micromètre en place et au foyer de l'oculaire, et qu'on observe en même temps le micromètre divisé en fractions de millimètre placé au foyer de l'objectif (*ob*), on trouvera qu'un nombre N de divisions de celui-ci sont renfermées dans l'intervalle de deux traits de celui-là; c'est-à-dire que une, deux, trois, etc., fractions du millimètre soumises à la réfraction de l'objectif (*ob*), occupent le même espace qu'un millimètre soumis à la réfraction de l'oculaire externe (*oc'*); l'objectif (*ob*), plus l'oculaire interne (*oc*), ont donc grossi d'autant l'image d'une division. Mais l'oculaire externe (*oc'*) reprend, pour la grossir encore une fois, cette image; le grossissement du microscope sera donc égal au premier grossissement multiplié par le second. Que, par exemple, $\frac{5}{55}$ de millimètre du micromètre soumis à l'objectif (*ob*), se placent exactement entre les deux traits qui marquent un intervalle d'un millimètre, sur le second micromètre soumis à l'oculaire externe (*oc'*), il s'ensuivra que la puissance ampliative de l'objectif, jointe à celle de l'oculaire interne, aura grossi l'image 10 fois; mais si le grossissement de l'oculaire externe

(*) Afin de ne pas gêner la vision, ce micromètre doit être gravé sur une bande de verre de 3 millimètres de largeur, égalant en longueur le diamètre du tube.

lui-même est de 10 fois, l'image qui parviendra à l'œil de l'observateur sera grossie 10 × 10 = 100 fois ; ce qui donnera le chiffre du grossissement du microscope.

502. Il faut conserver précieusement le chiffre du grossissement, une fois qu'on l'a obtenu par la moyenne d'un assez grand nombre d'observations répétées ; ce ne sont pas de ces observations que l'on puisse impunément recommencer chaque jour ; et je n'en sache pas de plus fatigantes, et j'oserais même dire de moins concordantes. Car, il ne faut pas se le dissimuler, avec quelque sévérité que l'on procède, il est presque impossible que deux observateurs se rencontrent exactement dans leurs déterminations, et que le même observateur tombe juste au même chiffre dans deux opérations consécutives ; il est des longueurs qu'on ne peut plus compter, mais qu'on se contente d'évaluer, en divisant idéalement l'intervalle, là où la division tracée ne se prête plus à superposer les rapports. Mais il en est, sur ce point, des mesures micrométriques, comme des mesures en grand ; l'exactitude se trouve hors des limites qu'il est refusé à l'imperfection de nos organes de franchir. Quoi qu'il en soit, et comme le chiffre du grossissement, une fois constaté, doit servir de dénominateur à toutes les évaluations ultérieures, dont l'image grossie sera le numérateur, il s'ensuit que les objets qu'on aura à observer seront tous mesurés à la même règle, et que, par conséquent, les rapports de grandeur des objets microscopiques entre eux n'offriront rien d'erroné.

503. En résumé, le grossissement G du microscope étant déterminé par ce procédé, et l'image de l'objet observé I étant mesurée par le procédé de la double vue, la grandeur réelle de l'objet g se déduira de cette formule $g = \frac{I}{G}$.

504. On peut obtenir encore la grandeur réelle de l'objet directement. En effet, si l'on parvient à disposer l'objet à mesurer, juste sur la surface divisée du micromètre en verre, il doit paraître évident que, pour connaître sa grandeur réelle, on

n'aura qu'à compter le nombre de divisions micrométriques qu'il recouvre. Mais dans l'application, ce résultat n'est ni aussi prompt ni aussi facile à obtenir; et il est loin de donner à chaque fois des indications aussi exactes qu'on serait porté à le croire au premier abord. Les traits de la division micrométrique, qui n'occupent, sur la lame de verre, qu'une aire d'un millimètre, sont si délicats et si fins, qu'on ne parvient presque à apercevoir la place qu'ils occupent, que par le jeu de la lumière et le phénomène des interférences. Alors même qu'on a eu la précaution d'entourer la division par un cercle coloré visible à la vue simple, il faut encore beaucoup de temps pour la rencontrer au microscope, et pour la rendre visible, en l'amenant juste au foyer; l'épaisseur de ces traits étant si faible que le moindre coup imprimé au bouton de la crémaillère, amène la division au-delà ou en deçà du foyer. Une fois qu'on l'a trouvée et qu'on l'a mise au foyer, il faut encore amener l'objet et la goutte de liquide qui le renferme, sur les traits de la division, ce qui n'est souvent pas moins long à effectuer, et ce qui expose la division à de fréquentes éraillures. Enfin toutes les difficultés ne sont pas aplanies dès ce moment: car il est rare que les dimensions de l'objet concordent exactement avec les divisions micrométriques, l'objet pouvant avoir $\frac{1}{52}$, $\frac{1}{55}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{70}$ de millimètre en diamètre, quand la division du micromètre n'est qu'en cinquantièmes de millimètre. L'estimation alors doit se faire par des divisions idéales, qui sont capables de jeter l'évaluation dans des écarts bien plus graves que ne le feraient les vacillations du procédé par la *double vue* (496). Ajoutez à cela l'influence des pénombres des bords de l'objet sur la valeur des déterminaisons, et l'on conclura que le résultat obtenu, en tout état de cause, n'est pas tellement rigoureux qu'il soit nécessaire de le chercher, au prix de tant de pénibles efforts et de temps perdu.

505. On a remplacé ce genre de mesure micrométrique, par un petit instrument qui est susceptible de fonctionner

avec une rare précision, et de mesurer un objet au microscope, presque comme on mesure à l'œil nu dans les opérations en grand. C'est une tige horizontale, aiguë à l'extrémité qui se place au foyer, et dont l'autre extrémité est mise en mouvement par une vis sans fin, dont on peut apprécier la marche, au moyen d'un cadran gradué fixe et d'une aiguille qui tourne avec la vis. Ce petit instrument fixé au point convenable contre la platine (*pl*, fig. 1, pl. 5) du *porte-objet*, on en amène la pointe, de manière que son extrémité coïncide exactement avec le bord de l'objet qu'on observe; ce premier résultat obtenu, on place l'aiguille au zéro du cadran, on tourne ensuite la vis jusqu'à ce que la pointe de la tige horizontale soit arrivée au bord opposé de l'objet, et l'on compte alors, sur le cadran, la longueur qu'elle a parcourue, pour arriver d'un bord à un autre, les divisions du cadran correspondant à tout autant de fractions égales d'un millimètre. Cet instrument qui, porté à une suffisante précision, ne saurait être livré à bon marché, n'est pas à l'abri des perturbations qui altèrent les indications du micromètre en verre. Les pénombres de l'objet rendent assez difficile à déterminer la coïncidence de la pointe avec les bords de l'objet microscopique; mais ce qui peut jeter encore plus d'incertitude sur la valeur des déterminaisons, c'est qu'il est presque impossible d'amener la pointe de l'instrument au foyer de l'objet microscopique, sans s'exposer à faire disparaître l'objet lui-même, par la voie de la capillarité. Or, comme, avant toute chose, il faut que la pointe de l'instrument soit placée au foyer du microscope, et que l'objet en sera à distance, il s'ensuit que l'instrument mesurera une image altérée plutôt qu'une réalité.

506. Ainsi, avec tout ce luxe d'appareils, on ne saurait arriver qu'à une précision apparente, et à un charlatanisme de chiffres, dont nous avons, il nous semble, fait assez bonne justice dans nos premières publications; et vraiment il nous était difficile de contenir un éclat de rire, quand dès le lendemain de leurs publications, nous voyons les journaux

transcrire, les professeurs annoncer et les traités élémentaires recueillir, avec une religieuse attention, ces tableaux, où les globules du sang se présentaient avec une précision typographique, que nous étions loin de rencontrer dans la nature, en ayant recours à tous les genres de procédés.

507. Cependant, si les molécules divisibles des corps de la nature affectaient constamment les mêmes dimensions, dans une même circonstance, force serait bien d'employer, pour les mesurer, des instruments d'une rare précision, dût-on aller les faire vérifier par les possesseurs privilégiés des étalons académiques, et les soumettre pour ainsi dire au poinçon légal. Mais quand on songe, ce que nous aurons fréquemment à constater dans le cours du présent ouvrage, que les globules ou molécules de la même substance, à quelque degré qu'on pousse la division anatomique ou mécanique, varient de dimensions à l'infini entre deux extrêmes, dont l'un n'a souvent d'autres limites que celles de la vision artificielle, il serait, il nous semble, aussi ridicule de vouloir mesurer chacun de ces corps avec des instruments d'une parfaite précision, dans le cas où la science en posséderait de semblables, qu'il le serait de refuser dans le commerce toute mesure légale, qui n'aurait pas été étalonnée sur le mètre de platine déposé à l'Observatoire, et qui, grâce à la consigne sévère qui veille à sa garde, n'a pas encore peut-être servi deux fois. Mais comme il est démontré que les *micromètres*, si perfectionnés qu'ils soient, ne sauraient fournir, dans l'application, que des évaluations approximatives, et que d'un autre côté, les organes que l'on a à mesurer varient en dimensions, selon les espèces, les individus, l'âge, et la région du corps qu'ils occupent; que le résultat enfin, acheté à un si haut prix, se réduit, en dernière analyse, à une suffisante approximation, il s'ensuit que le procédé de la *double vue* (496), qui fournit des approximations égales en exactitude, a, sur les deux autres, l'immense avantage de ne coûter ni perte de temps ni sacrifice pécuniaire.

508. Qu'importe ensuite que tel observateur ait pris ses mesures à un microscope, dont le grossissement ne soit pas aussi rigoureux que tel autre, qui a servi à dresser un tableau de dimensions, les rapports entre les nombres obtenus par le premier n'en seront pas moins les mêmes que ceux obtenus par le second, alors que les nombres différeraient entre eux chacun à chacun; et en fait de mesures micrométriques, c'est aux rapports seuls des nombres qu'il faut définitivement s'attacher, se contentant, quant à la grandeur réelle, de suffisantes approximations. Supposez en effet que, par le *procédé de la double vue*, et en me servant de mon microscope, dont le grossissement a été déterminé préalablement par des moyennes d'observations sagement conduites, je trouve que les plus gros grains de fécule de massette ont $\frac{1}{7}$, ceux de pomme de terre $\frac{1}{8}$, ceux de charaigne $\frac{1}{10}$ de millimètre; et qu'un autre observateur armé d'un microscope dont le grossissement aura été tout aussi sagement déterminé, trouve par le procédé de la double vue, que les plus gros grains de fécule de massette ont $\frac{1}{8}$, ceux de pomme de terre $\frac{1}{9}$, ceux de charaigne $\frac{1}{11}$, etc., la différence dans ces nombres n'indiquera que celle de la puissance des instruments, et n'affectera nullement les rapports de grandeur de ces diverses fécules entre elles.

509. Après toutes ces observations, nous croyons pouvoir nous dispenser de parler, et du procédé de Leuwenhoeck, qui plaçait sur le porte-objet un grain de sable de la mer, et appréciait à la vue, combien il faudrait d'objets microscopiques, du genre de ceux qu'il observait, pour couvrir l'aire occupée par le grain de sable; et de celui de Jurine, qui remplaçait les grains de sable par des fils métalliques d'une grande ténuité, dont il avait déterminé l'épaisseur, en les enroulant autour d'un cylindre divisé, et comptant le nombre de tours de spire que renfermait une division; l'épaisseur du fil égalant alors une fraction, dont le nombre des tours formait le dénominateur. Car ce dernier procédé ne diffère de celui de Leuwenhoeck, que par la régularité de la mesure adoptée, l'incertitude se retrouvant également dans les évaluations.

510. Le procédé de la *double vue* (496) est en conséquence celui auquel nous invitons les observateurs de s'arrêter, pourvu qu'ils aient soin de noter la distance à laquelle la portée de leur vue exige que la règle soit placée. En conséquence, le grossissement du microscope ayant été déterminé aussi rigoureusement que l'on pourra, la règle placée à la limite de la division distincte (*), supposons qu'on observe au grossissement de 100, que la distance de l'œil nu à la règle soit de 30 centimètres, et que l'image de l'objet qu'on regarde à travers le tube ou la lentille simple du microscope, semble, en se superposant sur la règle que l'on fixe de l'œil nu, en couvrir 20 millimètres; en vertu de la formule $g = \frac{I}{G}$, la grandeur réelle de l'objet sera de $\frac{20}{100} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$ de millimètre. Cet exemple suffira à indiquer le mécanisme de ces opérations dont chacune, lorsqu'on en a contracté un peu l'habitude, ne coûte pas plus de quelques secondes.

INFLUENCE DE LA VALEUR DU MICROSCOPE SUR LE MÉRITE DES OBSERVATIONS.

511. Le jour qu'il eut trouvé le secret d'ajouter, à la puissance visuelle de son œil, la puissance d'une lentille réfringente, l'homme put espérer avec raison de pénétrer dans le domaine d'un règne, qui jusque là s'était soustrait à son observation; le verre grossissant fut la boussole d'un nouveau monde, dont la conquête, pour être sans périls, n'était pas à l'abri des hasards et des grandes fatigues; mais enfin cette

(*) Dans le microscope double, cette limite se trouve à peu près sur le couvercle de la boite, lorsqu'on se sert du tube; mais lorsqu'on remplace le tube par le microscope simple, il faut tourner la platine en dehors de la boite pour pouvoir éloigner la règle à volonté : c'est encore une raison (461) pour laquelle la douille de la tige a été placée sur le bord de la boite.

conquête était assurée, et nul ne s'éleva d'abord pour en révoquer en doute la réalisation.

312. Il n'en fut plus de même, lorsque, dans son ambition trop progressive, la science crut pressentir, qu'en combinant entre elles plusieurs de ces lentilles, isolément si puissantes, elle parviendrait tôt ou tard à reculer les limites de la puissance ampliative du microscope, dans la même proportion que la première invention avait reculé les limites de la vision distincte. C'était assimiler l'art qui perfectionne au hasard qui révèle; c'était prêter à l'application le génie d'une loi de la nature. Aussi bien des observateurs sont morts dans l'attente, et le messie de ces nouvelles révélations est encore à venir de nos jours. Ce qui fit, et ce qui fera long-temps encore, qu'après avoir essayé des combinaisons de verre de la plus habile complication, et de la puissance ampliative la plus exagérée, les Leuwenhoeck et les Swammerdam retournèrent avec prédilection à la petite lentille simple, et achevèrent leurs grands travaux avec ce naïf appareil.

313. De nos jours, je veux parler d'une dizaine d'années françaises, les mêmes prédictions ont amené les mêmes désappointements ; et si l'Académie en masse sembla, à plusieurs reprises, lancer l'anathème sur les observations faites avec un pauvre instrument, l'opinion publique en masse ne tarda pas à réduire à leur juste valeur, les observations obtenues à l'aide des plus riches microscopes ; elle s'aperçut que tout ce grand bruit, qui passait sur le compte de toute la société savante, ne partait pourtant en réalité que d'un tout petit coin de la salle; sur toutes les autres banquettes, chacun se déclarant incompétent. Elle découvrit que, sur ceux qui en parlaient avec tant d'aplomb, un seul avait étudié les lois de l'optique, c'était un astronome; et, chose étonnante, il débutait par dire qu'*il ne pouvait pas voir au microscope*, mais qu'il n'en était pas moins convaincu que des observations faites avec un *riche instrument* (c'était l'expression consacrée), devaient offrir une garantie de plus que les observations faites avec une

simple loupe. Un autre jour, et ceci est consigné au procès-verbal (notre lettre qui y donna lieu et l'assertion de l'astronome), après qu'on eut achevé la lecture d'une lettre, dans laquelle nous rappelions aux physiciens que la clarté des instruments d'optique était en raison inverse du nombre des verres qui entraient dans leur construction, vu que la déperdition des rayons lumineux par les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, par les réflexions partielles, et par l'absorption du verre lui-même; que cette déperdition, dis-je, était en raison du nombre de surfaces que la lumière avait à traverser; l'astronome, à haute et intelligible voix, s'écria que ces assertions étaient opposées aux premières notions d'optique. A cela il n'y avait qu'une chose à répondre, c'était de livrer à la publicité la lettre et le commentaire; c'est ce que nous ne manquâmes pas de faire, et ce n'est pas à nos dépens que cette lecture amusa l'astronome d'Édimbourg, Brewster. L'opinion publique élimina donc l'opinion de l'astronome en lui disant : « Puisque, à notre grand étonnement, vous vous déclarez incompétent, récusez-vous. » Quant aux autres collègues, qui se gardaient bien de faire un pareil aveu, mais qui n'en mettaient pas moins leur opinion sous l'égide du nom et de la haute autorité, laquelle déclinait sa compétence; quant à ceux-là, on ne tarda pas à savoir que, novices dans l'art de bien voir, quoiqu'ils eussent souvent auparavant regardé au microscope, ils se glissaient chaque jour, en habit bourgeois et d'un pas fort timide, chez un simple amateur qui leur donnait des leçons, et qui n'avait pas grandement à se féliciter des progrès de ses illustres élèves (*). Enfin on découvrit que, dans tout cet académique mouvement, il y avait plus de colère que de bonne foi, plus de népotisme que d'impartialité; que la plupart combattaient en cela pour défendre leurs œuvres et d'autres leurs enfants; quelques palinodies solennellement obligées (**) complétèrent, au sein

(*) Voy. *Essai de chimie microscop. appliquée à la physiolog.*, 1830, p. 3.
(**) Voy. *Annal. des sc. d'obs.*, tome I, p. 238, 1829, et t. IV, p. 313.

de l'Académie même, l'effet de ces impressions; et l'esprit public tourna une bonne fois pour toutes le dos à l'esprit de corps, qui jeta de côté, dès ce moment, les armes qu'on avoue.

514. Il resta démontré que, dans l'état actuel de la science industrielle, il n'était pas une seule observation microscopique, qu'on ne pût effectuer avec une simple lentille à court foyer; que les riches microscopes n'avaient, sur les modestes loupes, d'autres avantages réels que ceux qui tournaient au profit de l'observateur : l'élégance des formes, la facilité des mouvements et une vision moins fatigante, toutes choses dont l'habitude et l'amour du travail peuvent diminuer de beaucoup l'importance; et l'on sait que ces deux dernières qualités ne manquent pas à celui qui n'a rien. On s'aperçut que l'élégance d'un instrument est quelquefois un obstacle à la précision; que les ornements sont faits pour être vus et non pour être maniés; et qu'en fait de constructions, rien n'est durable comme les formes d'une grande simplicité; car, au lieu de s'altérer, elles ne font que se réduire en s'usant. Or une fois que cette manière de voir se fut accréditée, le microscope ne tarda pas à devenir un instrument indispensable dans le laboratoire, et même dans l'atelier; en voici la preuve la plus irrécusable.

515. Nous rencontrâmes un mécanicien qui, partageant notre pressentiment, et comprenant, mieux que la plupart de ses autres confrères, qu'on peut faire de grands profits, en se mettant à la portée de toutes les bourses, consentit à livrer, au prix de 30 francs, un microscope simple, dont nous lui donnâmes le dessin. A cette époque, il ne se vendait pas en France plus de dix microscopes par an; or, ce petit instrument se popularisa tellement en France et à l'étranger, que bientôt l'opticien et ses contrefacteurs ne purent plus suffire aux demandes. Deleuil en est aujourd'hui à sa soixante-dixième douzaine, c'est-à-dire à son 840e microscope; le nombre vendu par la contrefaçon est arrivé à un chiffre au moins aussi élevé; chiffre qui, indépendamment des acces-

soires que l'acheteur ne manque presque jamais de se procurer en même temps, et dont le prix s'élève souvent plus haut que celui du microscope même, chiffre, dis-je, qui représente une valeur de 50,000 francs environ, mise en circulation dans l'espace d'un petit nombre d'années. C'est ainsi que l'opinion répondit au mauvais vouloir de la puissance occulte et de la puissance académique, toujours dévouée à la première; le microscope, objet jusque là de fantaisie et de crédulité, avait pris rang parmi les instruments de précision; et, en se dépouillant de tout ce qui en faisait l'apanage exclusif des hommes de loisir, sa fabrication était tout-à-coup devenue une branche intéressante de commerce.

516. Ces documents historiques ne laissent pas que d'avoir une utilité scientifique, quoiqu'ils offrent, au premier coup d'œil, un caractère personnel; car, dans l'état de notre inqualifiable civilisation, les difficultés que l'on rencontre, dans la carrière des sciences, viennent encore plus des hommes que des choses; du reste, ce préambule n'aura pas peu préparé le lecteur à l'intelligence des principes suivants, dont nous ferons ensuite l'application à chaque genre de microscope.

517. Les rayons lumineux qui émanent de l'objet, subissent, en traversant une lentille réfringente, quatre déperditions différentes : deux qui proviennent des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité (404), une troisième qui est due à l'absorption même du milieu réfringent; la quatrième, enfin, est causée par la réflexion; car les rayons qui arrivent, sous un angle d'environ 22°, sont réfléchis en dedans par la surface que tous les autres traversent. Plus le verre a d'épaisseur, et plus est grande la puissance de la troisième cause; plus la lentille a de courbure, et plus est grande la puissance des deux premières. Mais toutes ces déperditions ne sauraient se réaliser, sans nuire à la netteté de l'image, qui en est d'autant moins complète, et sans altérer la pureté des contours qui se trouvent tronqués d'autant. Donc la pureté et la net-

teté des images sera en raison inverse du nombre des lentilles, qui entreront dans la combinaison d'un instrument. Donc, toutes choses égales d'ailleurs, une lentille simple sera, sous ce rapport, infiniment préférable à la combinaison la plus heureuse de plusieurs lentilles ensemble. Et pour se convaincre de la vérité de cette proposition, il suffit d'observer, dans les mêmes circonstances, le même objet à une lentille simple, et au grossissement (479) correspondant du microscope composé. Au microscope simple, l'image s'offrira avec des contours fortement accusés, une lumière pure et franche, des détails distincts, avec une surface enfin harmonisée; au microscope composé, au contraire, les contours s'offriront vagues ou cotonneux, la lumière indécise, les détails effacés ou lavés, et la surface accidentée ou interrompue.

518. Or, ces avantages de la lentille simple sont tels, que souvent le grossissement le plus fort du microscope composé ne saurait leur servir de compensation; la puissance ampliative, en effet, en grossissant l'image, doit nécessairement en grossir les défauts dans la même proportion. Ainsi, dans l'état actuel de l'optique, plus je chercherai à voir un objet grand, plus je parviendrai à le voir obscur et difforme; or, dès lors que m'importe que vous transformiez mes pygmées en géants, si vous les estropiez? que m'importe enfin que vous me montriez des géants, si je ne puis les distinguer que dans l'ombre? je préfère contempler un ciron fortement éclairé. Il est des gens novices dans l'art d'observer, qui ressemblent assez à ces gens novices dans l'art de bien vivre, lesquels se prennent à penser qu'on se nourrit d'autant plus qu'on mange davantage, et qui ne se détrompent qu'à la faveur d'une belle indigestion; de même, nos observateurs gloutons ne croient jamais si bien voir que lorsqu'on leur montre l'objet sur une large surface; ces gens-là mesurent la vérité à la toise, et ne se réconcilient, avec les petits objets, qu'à la condition que le microscope les leur dessinera à la fresque, sur la muraille de leur

appartement. Ils donnent la main à un autre genre d'observateurs, lesquels ne procéderaient à la moindre réaction qu'avec plusieurs livres de substance, et qui ont horreur de tout vase réduit aux proportions du verre de montre, comme d'un ustensile indigne d'un esprit large et élevé. C'est pour suffire aux immenses travaux de ces observateurs qu'ont été inventés les cumuls et les bénéfices; ce sont eux à qui les opticiens hommes d'esprit, ont l'habitude de désigner le grossissement en surface et non en diamètre, et à qui ils disent: « Ce microscope grossit 90,000 fois (ce qui est vrai de la surface), et non pas 300 fois (ce qui est le même grossissement, mais seulement en diamètre). » Enfin ce sont eux pour qui le microscope solaire, et à son défaut le microscope à gaz, est l'instrument le plus parfait d'optique, parce que sa puissance ampliative ne reconnaît d'autres limites que le mur de la salle de spectacle, sur lequel le vibrion de la farine apparaît, avec les dimensions du plus grand des serpents *Boa*, et d'un serpent couvert d'écailles colorées, quand, faute d'un jour suffisant, il n'apparait pas noir, comme si l'illustre animal venait de sortir de la boue. Ne détruisez pas l'illusion de cet ami de la fantasmagorie; gardez-vous bien de démontrer à ce spectateur que ces écailles dorées sont un mensonge du verre, qui n'a pas été achromatisé, ou un mensonge de l'objet lui-même, lequel a décomposé, par la structure de son tissu, et tout autant que le verre, les rayons lumineux qui l'éclairent en le traversant; ne lui dites pas que ce n'est rien voir que de voir tout noir; et que toute cette puissance, dont il admire les magiques effets, se réduit à agrandir des contours, ce qui n'ajoute rien de plus à la forme générale, que l'on apercevait tout aussi bien et avec tous ses caractères sous de moindres dimensions; respectez le bonheur, alors même qu'il est tout imaginaire, ou plutôt qui n'est peut-être jamais qu'imaginaire. Mais n'oubliez pas de faire la part de chaque chose. Souvenez-vous qu'une fois qu'on s'écarte du foyer d'une lentille, il n'existe presque pas de limite réelle au grossissement de l'objet (437);

qu'ainsi le microscope solaire, qui est fondé sur ce principe, est un joli amusement physique; mais que, lorsqu'il s'agit d'observer et non de s'amuser, un microscope ordinaire vaut mieux; car la dimension sans la netteté n'est qu'un obstacle de plus à la vision distincte.

519. Jusqu'à présent, en dépit des calculs du physicien et des efforts et des tâtonnements bien préférables de l'artiste, le plus fort grossissement obtenu, d'une manière nette, aux microscopes éclairés par la lumière diffuse, n'a pas dépassé deux mille diamètres. Mais vraiment à ce point je ne sais pas ce que l'on pourrait distinguer; aussi les opticiens qui font sonner le plus haut la puissance de leurs grossissements, se gardent-ils bien de rien montrer à leurs chalands avec cette combinaison de verres; ils mentionnent le fait, mais se hâtent de placer leur microscope au modeste grossissement de deux à trois cents fois; car, à cinq cents, la vue commence à éprouver de la fatigue. Pour moi, qui ai comparé entre eux les microscopes les plus vantés, je puis déclarer qu'au-dessus de trois cents fois, aucun d'eux ne saurait offrir un avantage incontestable. Cependant, admettons qu'au grossissement de mille diamètres, l'observation puisse en tirer un parti utile, et voyons dans quel rapport ce genre d'utilité sera à l'égard du plus fort grossissement d'une lentille simple. Une bonne lentille simple, d'un foyer d'un millimètre, peut grossir, selon les vues, 180 fois; les lentilles ordinaires, d'un foyer un peu plus long, grossissent ordinairement 150 fois; en nous tenant à ce dernier chiffre, le rapport du grossissement simple au grossissement composé serait :: 150 : 1000, ou :: 1 : 6,6; c'est-à-dire que la lentille simple ayant transmis à l'œil une image nette, distincte, et susceptible d'être dessinée, ce microscope composé agrandirait 6 fois la dimension de cette image. Le microscope composé n'aurait donc, sur la lentille simple, d'autre avantage que celui d'une loupe, qui grossirait 6 fois environ l'image d'un objet, que je distinguerais parfaitement bien à la vue simple. L'avantage, comme on le voit, n'est pas si exorbi-

ant qu'il le semblait au premier abord; et nous avons raisonné, en supposant que l'image fût aussi nette au grossissement de 1,000 fois qu'à celui de 150, ce que nous avons démontré n'être pas (517), et ce que l'observation directe démontre d'une manière plus irréfragable encore. Or, si je vois moins clair, je vois moins bien; et quelque grande que soit l'image transmise, elle ne saurait équivaloir à une image plus nette, observée sous de moindres dimensions.

520. Je ne sache pas de microscope dont je voulusse me servir au-dessus de 500 fois, si ce n'est dans quelques circonstances extraordinaires. Or, le rapport du grossissement de la lentille simple à celui de ce grossissement composé est : : 150 : 500, ou : : 1 : 3,3, grossissement qu'à égale courbure une lentille de tourmaline ou de diamant pourrait me fournir (415).

521. Non pas qu'à un grossissement trois fois plus grand, on ne distingue quelques détails de plus qu'à l'autre; non pas qu'alors qu'il s'agit d'observer un objet déterminé, on ne gagne pas à se servir du grossissement supérieur; la proposition contraire serait absurde; et si tous les objets de même nature, si tous les organes de même élaboration affectaient des dimensions invariables, la supériorité du grossissement devrait être considérée comme une qualité, dont rien ne pourrait réparer l'absence, même alors qu'elle s'arrêterait au faible rapport que nous avons signalé ci-dessus. Mais il n'en est rien moins qu'ainsi dans la nature, et surtout dans la nature organisée. En effet, les dimensions d'un organe varient selon les espèces du même genre, selon les individus de la même espèce, et même selon l'âge du même individu; et ils varient dans une latitude très grande. Tel organe qui, dans telle espèce, ne dépasse pas $\frac{1}{500}$ de millimètre, et qui partant aurait besoin d'être vu à un grossissement de 2,000 diamètres, pour que son image apparût avec un diamètre de 4 millimètres, se trouve dans telle autre espèce, ou à telle époque

de la maturation de l'individu, avoir atteint un diamètre réel de $\frac{1}{8}$ de millimètre; en sorte qu'avec un simple grossissement de 100 fois, son image apparaît sur une longueur de 12 millimètres environ; et que, sans augmenter la puissance ampliative du microscope, et partant sans craindre de diminuer la clarté et d'altérer la netteté de l'image, on voit alors cet organe trois fois plus grand qu'on ne verrait les autres, au grossissementde 2,000 fois, s'il était possible de réaliser celui-ci d'une manière heureuse.

522. D'où il suit que les grossissements supérieurs sont utiles, mais non indispensables à l'étude générale de l'organisation; et que l'observateur ne perd jamais à attendre de l'occasion, ce que lui refuse l'infériorité du grossissement de son microscope.

523. Mais si le microscope composé n'est pas d'un usage indispensable, il faut avouer que, dans le plus grand nombre de cas, son emploi offre certains genres d'utilité, qui ne laissent pas que d'avoir un grand prix aux yeux de l'observateur; tellement que ceux qui ont assez de fortune pour acheter un de ces instruments de prix, gagnent à s'en procurer les avantages; mais que l'observateur plus riche en patience et en dévouement qu'en espèces sonnantes, ne perd qu'un peu plus de temps en s'en passant.

524. 1° Le microscope composé, agrandissant le champ de la vision (442), tout en grossissant les images, fatigue, moins que la lentille simple, la vue de l'observateur. Car habitués que nous sommes à mesurer l'horizon d'un seul coup d'œil, ce n'est que par une série de pénibles efforts, que l'on ramène l'organe qui nous fait voir, à la modification que réclame l'emploi de la lentille simple. Cependant, l'habitude d'observer à la même lentille finit par façonner l'œil à cet inconvénient, de sorte qu'après quelque temps on ne s'en aperçoit plus guère. Voilà bientôt près de quinze ans que j'observe au microscope simple autant qu'au microscope composé, et je possède encore une vue excellente.

525. 2° Le microscope composé allonge le foyer, et permet d'observer à une distance huit fois plus grande, le même corps, au même grossissement que celui de la plus forte lentille du microscope simple; avantage précieux pour les manipulations de l'anatomie fine et de la chimie microscopique.

Je ne parlerai pas de l'achromatisme des lentilles qui rentrent dans les combinaisons du microscope composé. Car en vérité je ne saurais avouer que le système le plus parfait de lentilles achromatiques, puisse jamais être aussi achromatique qu'une simple lentille de verre de $\frac{1}{2}$ ligne de foyer. J'ai toujours remarqué quelques irisations aux meilleurs microscopes achromatiques; j'en ai rarement vu de bien déterminées à la lentille simple, lorsque j'observe par la lumière des nuages.

526. En résumé, l'avantage du microscope composé, tant exagéré par le charlatanisme l'observateur et par le savoir-faire du fabricant, se rédu la valeur d'une incontestable utilité, mais ne saurait jan être considérée comme étant d'une indispensable nécessité. Et n'oubliez jamais que quiconque vous tiendra un autre la , a pour but de capter votre crédulité ou votre argent; ref z première au savant Cré- ne donnez l'autre au fab ant qu'en connaissance de cause; vous êtes maintenant t de savoir ce que vous achetez, en achétant un microsco Il est une chose que le s du riche, avec tout l'or de sa urse, ne saurait jamais acheter, si elle lui manque : c' la rectitude de l'esprit, que l'on apporte en venant au m , et qu'on n'acquiert plus après; et cette qualité, si vous la possédez une bonne fois, vous tiendra lieu des plus riches perfectionnements, dont se targuent les autres, sans profit pour la science, mais au grand profit des marchands.

527. Dès l'instant que nos premières publications eurent introduit le microscope dans le laboratoire, et je dirai même dans les usines, la monture de l'instrument, qui jusque là

n'avait été qu'un accessoire, en est devenue presque le principal; et une foule de riches microscopes ne tardèrent pas, sous ce rapport, d'être relégués dans l'arsenal des cabinets de physique, comme des objets d'art beaucoup plus curieux qu'utiles. Nous allons évaluer l'avantage d'une bonne monture, en passant en revue les principales modifications qu'on a apportées à la construction du microscope.

REVUE CRITIQUE DES DIVERS MICROSCOPES.

528. Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on a fondé des espérances exagérées, sur les résultats que promettait à l'observation l'emploi d'un microscope d'une nouvelle structure; et ce n'est pas d'aujourd'hui non plus que l'observateur qui ne redoutait pas la critique, a cherché à placer ses observations sous la garantie de son bel instrument; ce n'est pas d'aujourd'hui enfin que les candidats et les protégés se sont plu à désigner, sous le nom de *belles observations*, les observations faites par les parvenus et les protecteurs, à l'aide de ce qu'on appelait un *beau*, un *riche microscope*. Nous en étions encore alors au temps où l'habit embellissait la personne; nous en sommes venus heureusement à une époque où la personne fait oublier l'habit, et où rien n'est beau comme le vrai.

529. Il était sans doute flatteur pour le riche, de penser que la richesse d'un instrument fût une si grande puissance; il était encore plus flatteur pour l'homme de loisir, de penser qu'à la faveur d'un riche instrument, on fût capable de trouver de belles choses au prix de si peu de fatigue et de travail; car si l'homme est avide de savoir, en général il n'aime pas à se donner beaucoup de peine pour apprendre. Mais jusqu'à présent le secret des découvertes faciles nous a échappé; et les épines qu'on arrache du sentier qui conduit à une vérité, vont repousser par milliers sur le sentier qui conduit à la vérité suivante. Mes pauvres riches, que je vous plains! la vérité n'est pas comme la fortune, elle n'arrive jamais en dor-

mant ; et nous nous en félicitons ; dormir ce n'est pas vivre, car ce n'est pas penser.

530. Il n'y a pas encore long-temps que le microscope de Dellebarre jouissait d'une célébrité non contestée. A sa première annonce, chacun se promit de nouvelles merveilles; mais quand on voulut y mettre l'œil, on fut porté à croire que, pour faire usage de ce riche instrument, il fallait un art tout particulier que le constructeur ne livrait pas dans la vente ; car à certains grossissements, fort ordinaires du reste, il devenait impossible de rien distinguer, même par un beau jour ; et on en concevra facilement la raison (151), quand on saura que dans le principe, le système optique de l'instrument se composait de cinq verres oculaires, et de cinq lentilles objectives, dont pas une seule n'était achromatisée ; et que ces lentilles étaient susceptibles de s'associer d'abord en quarante combinaisons, et enfin en quatre seulement, ce qui n'en rendit pas la vision plus distincte. Aussi ce microscope, que son auteur avait intitulé *universel* en 1777, finit par ne plus servir à personne, même après les modifications qu'il lui apporta en 1796.

531. Plus tard vint, entre autres instruments, le *beau* microscope d'Adams, lequel eut le privilége ordinaire de communiquer son épithète et sa vogue à bien des observations, qu'on a fini par rayer du catalogue de la science.

532. Les deux microscopes horizontaux d'Amici détrônèrent celui d'Adams en 1823. Quant au microscope horizontal catoptrique de cet auteur, la difficulté de le construire empêcha de l'adopter ; on l'aurait payé trop cher, pour en retirer trop peu d'avantages ; nous en avons manié un très bien construit par un de nos plus habiles opticiens, feu Jéker, dont le plus fort grossissement ne s'élevait pas au-dessus de 40 diamètres. Le microscope à prisme n'était pas

achromatisé, dans le principe, si ce n'est dans quelques uns de ces instruments, par l'emploi de sept lentilles de même verre placées à la suite les unes des autres, ce qui n'était ni d'une exécution facile ni d'un effet heureux pour la netteté de l'image. Mais déjà par cela seul que cet habile physicien avait fourni au savant le moyen d'observer assis des objets déposés, comme à l'ordinaire, sur un porte-objet horizontal, nos savants académiques prédirent des découvertes nombreuses et d'une portée immense, à ceux qui auraient à leur disposition, pour observer la nature, un microscope de si haut prix.

533. Sur ces entrefaites, Selligue, modeste mais hardi mécanicien, ne reculant pas devant une application qu'Euler avait entrevue, mais que personne n'avait osé tenter, Selligue parvint à achromatiser des objectifs d'un petit diamètre, et de construire un bon microscope achromatisé. Nouveau progamme des merveilles que cet instrument allait révéler au monde, et qu'une simple lentille n'aurait jamais pu aborder; et le microscope d'Amici fut détrôné, jusqu'à ce qu'enfin le physicien italien eut adopté l'achromatisme des lentilles de Selligue, dans la construction de son microscope horizontal. Grâce à la dextérité de nos fabricants de verre, on est parvenu à achromatiser aujourd'hui des lentilles d'un moindre diamètre et d'une forte courbure; mais c'est là, sous le rapport optique, que se sont arrêtés les perfectionnements; on ne s'est attaché qu'à modifier la forme. Ainsi quand vous lirez dans les petits bouts de note présentés à la publicité des séances hebdomadaires de l'Académie des sciences: « ces observations ont été faites avec le *beau microscope* de tel fabricant (qui est toujours un fabricant protégé par l'Académie), » vous n'attacherez, à ce protocole obligé, d'autre sens que celui de microscope dont la monture sort des ateliers de tel fabricant plutôt que de tel autre; et vous aurez le droit de demander à l'auteur, qu'il soit, dans ses observations, aussi beau que son microscope.

534. Sous le rapport de la forme générale, on distingue deux sortes de microscopes : le *microscope horizontal* et le *microscope vertical*.

535. Microscope horizontal (pl. 5, fig. 14). Nous avons dit que c'est Amici qui en a donné la première idée, en introduisant, dans la structure du microscope, la réflexion du prisme, dont Newton avait fait usage, dans la construction des télescopes. La figure 14, toute réduite qu'elle est, suffira pour en faire comprendre le principe et le mécanisme.

536. Soit, en effet, la construction représentée par la fig. 14, pl. 5; la platine (*pl*) du porte-objet étant horizontale et susceptible de descendre et de monter, au moyen d'une crémaillère, contre la tige (*tg*), contre laquelle glisse à son tour le miroir de réfraction (*m*). Pour que les rayons émanés d'un corps éclairé, sur le porte-objet (*pl*), par le miroir (*m*), puissent arriver à l'oculaire (*oc*), il faudra nécessairement qu'ils se coudent à angle droit. On obtiendra ce résultat par le prisme à angle droit (*pr*), placé perpendiculairement au-dessus de l'objectif (*ob*), et l'hypothénuse (*hy*) tournée vers l'oculaire (*oc*). Les rayons, en effet, transmis par la lentille objective, qui arriveront perpendiculairement sur la surface inférieure du prisme (*pr*), la traverseront sans subir la moindre déviation, et tombant sur l'hypothénuse (*hy*) par un angle d'incidence de 45°, ils en seront réfléchis sous un angle égal (385), c'est-à-dire qu'ils se couderont à angle droit, traverseront la surface latérale du prisme sans subir aucune déviation, et arriveront à l'oculaire (*oc*), comme s'ils n'avaient pas rencontré le prisme sur leur passage, et que le microscope eût été horizontal; la marche des rayons lumineux est indiquée par des points sur la figure. Si donc l'œil de l'observateur se place en (*o*) (*), il apercevra l'objet aussi distinctement que si le microscope était vertical; mais il

(*) Nous supposons que l'on a enlevé la *camera lucida* (*cm*), qui, sur la figure, s'applique par son anneau (*an*) contre le tube du microscope.

le verra sur un champ vertical, l'hypothénuse du prisme faisant l'office de miroir, et les objets étant toujours vus dans le prolongement du rayon qui arrive directement à notre œil (386).

537. En conséquence, le mécanisme de ce microscope permettra à l'observateur d'étudier les objets, assis et comme à travers un porte-vue, alors que pourtant ils seront disposés sur un porte-objet horizontal. C'est là l'unique avantage de sa spécialité; cherchons à en évaluer l'importance, en supposant pour un moment que, dans l'application, la présence du prisme soit aussi peu nuisible à la netteté de la vision, que nous l'avons admis en théorie.

538. On peut également observer les objets assis, en se servant du microscope ordinaire et sans prisme. Remplacez, en effet, dans celui de la fig. 14, l'appareil coudé (*cd*), qui supporte à la fois et les objectifs et le prisme, par le cône seul de l'objectif, qui se vissera dans l'axe du tube (*tu*). Amenez ce tube à la verticale, en le faisant tourner sur la charnière (*ch*); le tube sera perpendiculaire au porte-objet (*pl*). Faites tourner alors toute la monture, que supporte la tige (*tg*), sur la charnière (*ch'*), qui la joint à la tige principale (*tg'*), et la tige (*tg*) viendra prendre l'horizontale comme le tube. Il ne s'agira plus dès lors que de diriger la lumière latéralement sur la platine (*pl*), avec le miroir (*m*), pour rendre l'objet visible horizontalement, comme dans le microscope à prisme. Mais la platine étant perpendiculaire à l'horizon, les liquides entraîneront l'objet en bas, et l'œil ne les apercevra que dans leur fuite, tandis que, sur la platine horizontale du microscope à prisme, ils restent en place au gré de l'observateur. Cet inconvénient n'aurait pas lieu, si l'on avait soin de fixer l'objet contre le verre, au moyen d'un lut transparent, d'une larme de gomme arabique sirupeuse. L'inconvénient se borne donc au cas où l'on a à observer des liquides; mais on peut le faire disparaître, en emprisonnant le liquide dans la cavité de l'un des *porte-objets à réactifs* (fig. 8, 9, 10, pl. 5). Car, une

ois que les deux lames de verre (486) sont exactement appliquées ensemble, l'objet pourra se déplacer selon les posi ions que l'on donnera aux lames; mais on ne le perdra jamais de rue, et il ne changera plus, quand une fois il aura été surpris un repos. Au *microscope sans prisme*, nous pourrons donc lès lors l'observer horizontalement et en nous tenant assis, aussi bien qu'au *microscope à prisme*. Celui-ci donc, en dernière analyse, ne l'emportera sur l'autre qu'en amenant plus rite au repos l'objet observé, et en dispensant de l'emploi des porte-objets à réactifs, pour chaque observation que l'on désire effectuer assis et les coudes appuyés sur la table.

539. Or, est-ce là un de ces priviléges qui constituent une réelle supériorité? Ce serait sans doute un immense avantage que de n'avoir pas à bouger de son fauteuil, alors qu'il s'agit d'observer la nature; et sous ce rapport, nous concevrions un instrument supérieur à tous les autres; ce serait celui qui non seulement permettrait à l'homme de loisir de voir sans bouger de place, mais encore lui apporterait les objets à voir et les disséquerait mécaniquement, pour lui épargner la peine d'une dissection minutieuse. Mais malheureusement la moindre observation exige que l'observateur se dérange, surtout depuis que la méthode d'observer ne consiste plus à voir et à dessiner, et que le microscope est devenu un instrument de laboratoire. Que m'importe donc que vous me procuriez l'avantage de voir assis, lorsque la méthode exige que je quitte tant de fois ma chaise? On nous objectera que cette position est moins fatigante pour la poitrine; que l'on souffre beaucoup à observer les objets verticalement et la tête penchée sur l'oculaire. Nous répondrons que cette fatigue disparaît, lorsqu'on a soin de disposer l'instrument, de manière que l'oculaire se trouve à la hauteur de l'œil; car il suffit d'incliner la tête pour voir, et la poitrine n'éprouve aucune gêne. Nous ajouterons que la poitrine a beaucoup plus à souffrir de l'observation horizontale que de l'observation verticale, lorsque le microscope est placé sur une table ordinaire et à une

hauteur convenable aux mouvements des mains. Dans cette position, en effet, les vertèbres cervicales se trouvent fléchies en avant, l'occiput et le larynx en arrière, et l'on ne tarde pas à éprouver une gêne pénible dans toutes les régions du corps. Que si on élève assez le support pour que l'oculaire arrive à la hauteur que réclame la vision face à face, dès lors le porte-objet se trouve trop élevé pour l'usage libre des mains, et aujourd'hui cet inconvénient est d'une gravité non moindre que l'autre; car aujourd'hui on ne doit plus se contenter de voir et de dessiner, mais il faut manipuler.

540. Voulez-vous manipuler? vous vous fatiguez la poitrine. Voulez-vous éviter cette fatigue? il faut renoncer à manipuler. Travailleurs, laissez donc aux hommes de loisir le soin de prôner cet avantage.

541. Nous venons pourtant là de faire une concession dont il faut beaucoup rabattre, si l'on désire rester dans le vrai. A quelque hauteur que l'on place le microscope horizontal, on n'aura jamais autant de facilité, à manipuler sur le porte-objet, qu'au microscope vertical; les mains, en effet, étant beaucoup plus libres dans tous leurs mouvements, lorsqu'elles peuvent opérer à la hauteur de la ceinture, que lorsqu'on est obligé de les tenir à la hauteur des yeux. C'est un inconvénient dont ne s'aperçoivent pas ceux qui ne cherchent qu'à voir au microscope, mais qui ne saurait échapper à quiconque a besoin de disséquer un organe ou de diriger un réactif sur le porte-objet.

542. Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, sous le rapport de la netteté des images, le microscope avec prisme est inférieur au microscope sans prisme. Dans le premier, les rayons lumineux, avant d'arriver à l'oculaire, éprouvent quatre sortes de déperditions : trois par les trois surfaces qui sont bien loin de rester aussi fidèles à la théorie que nous l'avons établi plus haut; car les rayons, qui rentrent dans la composition de l'image, ne marchent pas avec l'uniformité exprimée par la ligne ponctuée sur la 14ᵉ figure; ils forment

un cône, un faisceau, et partant pénètrent et sortent sous différents angles (394). L'hypothénuse n'est pas seulement un miroir, c'est aussi une surface transparente et qui ne réfléchit pas tous les rayons ; enfin la substance du prisme en absorbe un certain nombre. *Toutes choses égales d'ailleurs* (*), c'est-à-dire en se servant, dans la construction du microscope à prisme et du microscope sans prisme, des mêmes lentilles oculaires et objectives ; par le fait seul du prisme, l'image doit être plus nette et plus pure au second qu'au premier; et il est des détails très visibles à celui-là qui disparaissent à celui-ci.

543. Remarquez surtout que le prisme n'ajoute rien à la puissance ampliative de l'instrument, dont sa présence diminue la clarté; en sorte qu'en résumé, le seul avantage de cet instrument se réduit à pouvoir observer horizontalement un objet placé sur une platine horizontale. Lors donc que vous lirez dans un mémoire, même académique, que les observations présentées ont été faites au *beau microscope horizontal d'Amici*, ces paroles sacramentelles devront vous faire comprendre que l'auteur est une de ces bonnes dupes du charlatanisme des opticiens, qui veut à son tour trouver de meilleures dupes parmi ses lecteurs, en se servant d'un mot, dont il suppose qu'ils ignorent la valeur.

544. En conséquence de toutes ces propositions, que nous avons eu soin d'établir en connaissance de cause, nous avons donné la préférence au microscope vertical, en tout ce qui concerne la nouvelle méthode; car nous avons pensé que le travailleur gagnait à observer debout, et que le bonheur d'observer assis ne peut profiter qu'à la paresse, au *bel far niente* de l'homme de loisir.

(*) C'est ce qu'il ne faut jamais perdre de vue, dans la comparaison des microscopes. Les opticiens, en effet, ont grand soin de ne se servir que de faibles grossissements, quand ils veulent démontrer à l'acheteur le mérite de leur instrument, et sa supériorité sur tel ou tel autre du même genre.

même objet se trouvait, le soir, éclairé d'une manière différente que le matin, ils ont construit une platine qui tourne sur son axe, de manière à présenter l'objet successivement sous tous les jours, sans qu'on le dérange de place, et sans toucher ni au miroir ni au corps de l'instrument. Le travail de cette pièce porte le microscope à un prix assez élevé, et malheureusement l'utilité n'en est rien moins que réelle; car, en tournant la tige du microscope double (pl. 5, fig. 1), on peut obtenir le même résultat en un instant, lorsqu'on juge que ce résultat est dans le cas d'offrir une certaine importance. Enfin cette importance est tout imaginaire; car on peut obtenir la même netteté de l'image sous tous les jours. La plupart des objets organisés se déforment assez vite pour qu'on doive renoncer à les trouver le soir, avec les accidents qui les distinguaient le matin ; or, s'ils changent si vite d'aspect et de structure, quel si grand avantage y a-t-il à ce qu'ils soient dans les deux cas éclairés sous le même jour?

550. Les fabricants attachent encore une importance moins méritée à l'usage d'une pièce qui ne laisse pas que d'être d'un prix élevé : c'est une *vis de rappel* destinée à amener la platine (*pl*, pl. 5, fig. 1) au foyer (403), par un mouvement doux et par un pas de vis d'une lenteur extrême. On a pensé sans doute, par ce moyen, mettre l'objectif à l'abri des accidents auxquels donne lieu le mouvement trop brusquement dirigé de la crémaillère. Mais, en vérité, ces sortes d'accidents n'arrivent qu'aux débutants, et la *vis de rappel* ne les en préservera pas. En effet, avant de faire fonctionner la vis de rappel, on est obligé d'amener le porte-objet à peu près au point, au moyen de la crémaillère; or, quand ce point se trouve à une demi-ligne du foyer, on conçoit qu'on puisse le dépasser et toucher la lentille par le moindre effort qu'on ne surveille pas. Que si le foyer est à une plus grande distance, la *vis de rappel* n'apporte qu'une perte de temps de plus; car, avec deux ou trois petits tâtonnements, une fois qu'on a contracté les premières habitudes de l'instrument,

on amène l'objet à point par le mouvement de la crémaillère, ce qu'on n'obtient qu'à force de tourner avec la *vis de rappel*; or à force de perdre patience, on finit par perdre tout-à-fait son observation. Nous avons donc proscrit entièrement ce raffinement de procédé, comme ne pouvant que nuire à la marche d'une manipulation microscopique.

551. Il nous reste à parler d'une dernière pièce, dont on a vanté beaucoup l'application au microscope : de la CHAMBRE CLAIRE, que l'observation précieuse a toujours grand soin de désigner par *camera lucida*. Cet instrument est de l'invention de Wollaston, qui l'adaptait à une loupe ou à un microscope composé; Amici en modifia la structure et en fit l'application à son microscope horizontal. Voici le principe sur lequel il se fonde : Si, lorsqu'on regarde directement, de haut en bas, une feuille de papier placée sur la table, on interpose, entre l'œil et le papier, une lame de verre inclinée sous un angle de 45°, on voit le paysage, qu'on a en face de soi, se peindre sur la surface du papier blanc; on aperçoit en même temps le crayon que l'on promène sur ce papier; en sorte qu'on peut calquer les détails du paysage, en suivant les contours des images, qui semblent se peindre aux yeux sur le papier blanc. C'est un effet de la réflexion des rayons, opérée par la lame de verre à angle droit, rayons que l'œil voit toujours dans le prolongement du dernier qui lui arrive, et que, par conséquent, dans cette circonstance, il doit voir de haut en bas. Mais alors les objets sont renversés; pour les redresser, il faut effectuer la réflexion par deux lames, dont la première ne fasse, avec le rayon visuel vertical, qu'un angle de 22°,5, et l'autre un angle de même ouverture avec le même rayon, et un angle obtus avec l'autre surface. Il faudrait avoir recours aux principes de l'optique, pour faire comprendre la nécessité d'obtenir cette double réflexion, à la faveur d'un prisme solide, taillé de manière à reproduire les effets de ces deux angles par ses surfaces postérieures. C'est un de ces prismes (*pr'*) qui est monté dans l'appareil (*cm*, pl. 5, fig. 14),

lequel se fixe en glissant par son anneau (*an*), sur la surface du tube de l'oculaire (*oc*) du microscope horizontal. Supérieurement, la monture du prisme (*pr'*) est percée d'une ouverture, contre laquelle s'applique l'œil de l'observateur (*o'*). Le prisme renvoie en (*o'*) les rayons de l'image grossie par le microscope; et l'œil, qui les aperçoit dans le prolongement du rayon réfléchi (386), voit l'image se peindre dans un champ circulaire éclairé (*ch*), où il peut les suivre du crayon.

552. On a pensé que l'emploi de cet ingénieux instrument, qui est susceptible d'offrir quelques avantages au paysagiste et au dessinateur, serait bien plus utile encore à l'homme qui n'a pas la moindre idée de l'art du dessin; en sorte qu'à la faveur de la *camera lucida*, chacun, du premier bond, serait en état de dessiner exactement au microscope. Vous entendez sans doute d'ici, avec quelle emphase les *savants de loisir* prononçaient ce mot de *camera lucida*, qu'ils se seraient bien gardés de désigner sous le nom de chambre claire! Eh bien! on trompait encore en ceci le pauvre travailleur; et malheureusement rien n'est plus vrai que cette chose, qui est que rien, dans l'arsenal d'un cabinet de physique, ne saurait dispenser de l'art du dessin, et que la moindre teinte du dessin linéaire vaut mille fois mieux que la *chambre claire*, la plus claire qu'il soit possible d'imaginer. Car il s'en faut de beaucoup que le crayon puisse suivre les contours aussi exactement que par le calque à la vitre, non seulement à cause du tremblotement de l'objet, du clignotement des paupières, mais surtout à cause que l'harmonie n'est jamais parfaite entre l'œil qui fixe le prisme et celui qui fixe le crayon; en sorte qu'à chaque instant on perd le fil du contour, que l'on fait un angle rentrant ou sortant pour se remettre sur le bord de l'image, et qu'enfin, lorsqu'on retire son papier pour l'examiner de ses deux yeux, on croirait avoir un *specimen* grotesque du savoir-faire du plus jeune griffonneur; que serait-ce, si l'on cherchait à aborder les ombres, au lieu de se contenter du simple contour? Aussi il n'est pas un seul con-

tour obtenu à la *camera lucida* qu'on ait jamais osé livrer à la gravure ; on retrace tout en entier de nouveau, comme si rien n'avait été fait. Il est vrai qu'en général ces dessins ont la dimension de l'image, ainsi que ses principaux angles ; mais pour se procurer ce petit avantage, il n'est pas besoin de l'appareil de la *camera lucida*. Par le procédé de la *double vue* (496), on l'obtient tout aussi vite, et, après un peu d'exercice, beaucoup plus exactement. Car, en plaçant sur la boîte du microscope une feuille de papier blanc, que l'on fixe de l'œil gauche, en même temps que l'on regarde de l'œil droit dans l'intérieur du tube du microscope, il arrive un instant, où l'image se superpose sur le papier blanc, de manière que de la main on puisse en noter tous les détails et les contours. Nous reviendrons sur ce procédé, en nous occupant de l'art de dessiner au microscope ; nous ne nous sommes jamais servi que de celui-là, dans tous les dessins que nous avons publiés de notre propre main, et dont, jusqu'à ce jour, malgré la meilleure volonté du monde, l'exactitude n'a jamais été contestée. Méfiez-vous des observations des gens qui cherchent à les appuyer sur l'usage de la chambre claire ; car, par ce seul fait, ils font preuve d'ignorance, en supposant qu'ils parlent de bonne foi. Préférez, en tout état de cause, l'œuvre de votre patience et de votre amour du vrai à celle de leur riche *camera*.

553. Un élève de l'École de médecine a eu la pensée d'appliquer au microscope simple la *camera lucida*, que, jusqu'alors, on n'avait adaptée qu'au microscope composé, et il l'a fait avec beaucoup d'intelligence. Ce n'est pas sa faute si ce pantographe microscopique ne fournit pas des résultats plus heureux à l'un qu'à l'autre instrument.

§ III. EMPLOI DU MICROSCOPE; CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA MANIÈRE DE SE SERVIR DE CET INSTRUMENT.

554. Lorsqu'on reporte sa pensée sur la série des travaux qui ont été faits à l'aide du microscope, on ne tarde pas à se convaincre que ce n'est pas faute de connaissances dans les sciences mathématiques, physiques et chimiques, que l'emploi de cet instrument a fourni des résultats dépourvus de précision. Les Nollet, les Baker, les Spallanzani, les Fontana, les Hooke, les Buffon, etc., qui se sont long-temps adonnés à l'étude des êtres microscopiques, n'ont jamais manqué de faire l'application de leurs connaissances à l'usage de cet instrument. Mais une idée fatale qui s'empara des esprits, dès l'époque de l'invention du microscope, n'a cessé de présider aux observations, en dépit de la rectitude du jugement de l'observateur; elle a paralysé les efforts des plus habiles, et a inondé la science de systèmes ridicules ou de faits erronés. Dès le moment, en effet, que l'assemblage de deux ou trois lentilles eut permis à l'homme de contempler des molécules inabordables à l'œil nu, son penchant au merveilleux le porta à s'écrier : *Un monde nouveau nous est révélé;* et ce monde lui sembla se régir d'après des lois nouvelles; tout y parut intéressant, mais tout y parut inexplicable; et l'importance du microscope se borna à tenir lieu de fantasmagorie dans les cours publics, et d'un simple délassement de travaux assidus dans le cabinet. Si quelques auteurs isolés s'en servaient comme d'un instrument de découvertes, leur méthode d'investigation se bornait à voir et à raisonner, à dessiner et à donner l'explication des figures; et comme personne ne devait contrôler leur travail, ils n'avaient pas senti la nécessité de le contrôler eux-mêmes; il étaient crus ou au moins cités sur parole, et le meilleur observateur était celui qui dessinait le plus et de la manière la plus agréable. Il est juste de dire cependant que deux ou trois observateurs conçurent la

pensée de soumettre les résultats microscopiques aux règles de raisonnement qui nous dirigent dans nos recherches en grand; quelques succès couronnèrent même cette pensée; mais bientôt, fatigués et impatients des premiers obstacles, ils firent de nouveau abnégation de leurs connaissances acquises et de leur jugement, et ils se replongèrent dans le doute, crainte de tomber dans une absurdité.

555. Or, la portée de nos yeux n'influe pas sur la nature des corps; ce que je vois à une loupe d'un faible grossissement me paraît évidemment identique avec ce que je vois à l'œil nu; raccourcissons le foyer de la loupe, et par conséquent augmentons le grossissement; je verrai beaucoup plus, mais verrai-je différemment? Cette pierre, dont je reconnais les propriétés à l'œil nu, en acquerra-t-elle de diamétralement opposées, quand je l'aurai divisée en fragments microscopiques? Non. Pourquoi donc n'expliquerai-je pas les phénomènes que m'offriront ses fragments divisés, par les mêmes lois qui m'expliquaient si bien les phénomènes que m'offrait le bloc intègre! Si le microscope, au lieu de révéler un monde nouveau, ne fait que rendre abordables à l'œil des particules trop ténues; s'il ne nous sert qu'à démêler des mélanges trop divisés; s'il nous permet de pénétrer plus avant dans les organes, rendons cet instrument fécond en découvertes, en soumettant les phénomènes dont il nous rend témoins, à toutes les réactions, à toutes les contre-épreuves, dont nous faisons usage dans nos recherches en grand; enfin cherchons dans son emploi, non du merveilleux ou des hypothèses ingénieuses, mais des résultats positifs.

556. Ce fut là la première idée qui vint frapper mon esprit, dès les premiers pas que je fis dans la carrière de l'observation. En voyant le micrographe se contenter de dessiner et de découper des organes, le chimiste de les altérer, de les mélanger ou de les détruire, afin de se ménager le plaisir de les retrouver ou de les recomposer de toutes pièces, il me sembla voir deux hommes marchant à leur insu, côte à côte,

dans deux chemins qui ne se rejoignent jamais ; et je résolus de ne plus les suivre, mais de les réunir ; de ne plus être, tantôt chimiste, tantôt botaniste, tantôt physiologiste, et tantôt physicien, mais d'être tout cela à la fois et dans toutes les circonstances. Il me fallut donc abandonner les procédés connus, et m'en créer de nouveaux ; me tracer enfin des règles nouvelles ; car j'avais à travailler sur un laboratoire tout nouveau.

557. Comme l'ouvrage que nous publions est une application continuelle de toutes ces règles, nous aurons soin de les développer en particulier, dans chacun des chapitres qui doivent faire le sujet de cette seconde section, et qui correspondent à chacun des chapitres de la première (21). Dans ce paragraphe, nous nous bornerons à des généralités pratiques, sur la manière de se servir de l'instrument, et d'éviter les illusions les plus grossières.

558. La première précaution à prendre, dans l'emploi d'un microscope quelconque, est de placer son instrument à une hauteur telle que, pour observer, on n'ait pas besoin de voûter sa poitrine et de trop incliner la tête. Une position gênante enlève à l'observateur et la liberté d'esprit, qui ne s'allie jamais avec l'impatience, et l'aplomb de la main, si nécessaire au dessinateur, lorsqu'il s'agit de saisir au passage tant de traits fugitifs. Debout ou assis, il faut que la main puisse manipuler aisément sur le porte-objet, et qu'elle ait à sa disposition un appui solide, pour calquer l'image ou la mesurer (496).

559. L'instrument doit être placé tout près de la fenêtre, en face du ciel, à l'abri du soleil et de la réverbération des murs des maisons voisines. La lumière la plus favorable est celle qui est directement réfléchie par un beau nuage blanc ; c'est de ce côté qu'il faut braquer son miroir de préférence. La lumière réfractée et tamisée par un temps couvert ne permet jamais d'aborder les grossissements un peu élevés du microscope.

560. A défaut d'un ciel bleu ou d'un nuage blanc, on peut se servir de la lumière d'une chandelle, ou mieux, d'une lampe (car la flamme de la chandelle vacille trop), et, mieux encore, d'une de ces lanternes sourdes qui ne projettent la clarté qu'horizontalement : car c'est un grand avantage, dans l'un ou l'autre moyen d'éclairage, d'avoir les yeux dans l'ombre, et de n'éclairer que l'objet à observer; la vision microscopique n'en est que plus distincte.

561. On s'habitue à l'observation, en commençant par le plus faible grossissement du microscope simple (pl. 5, fig. 5), qui, dans le microscope double (459), a un pouce de foyer, et s'obtient au moyen de la lentille n° 15. On enlève le diaphragme (fig. 1, *dd*), pour avoir moins à tâtonner dans la recherche de l'objet. On place, sur le porte-objet en verre (*pb*), un petit corps apercevable à l'œil nu : une graine, un insecte, une petite fleur; et on fait monter ou descendre le porte-objet, en tournant le bouton (*b*), jusqu'à ce qu'on soit arrivé à amener l'objet, à un point que l'on juge être celui de la vision la plus distincte; de telle sorte que tous les détails en apparaissent dans un relief franc et décidé. Si l'objet était trop épais, et qu'après avoir descendu le porte-objet, aussi bas que le permet la longueur de la crémaillère intérieure (465), sa surface supérieure se trouvât encore en-deçà du foyer, on n'aurait qu'à tirer le pivot (*p*) de son fourreau, pour amener la lentille à la distance convenable.

562. C'est par l'observation à ce faible grossissement, qu'il faut préluder à l'emploi des grossissements plus élevés. Du reste, le mot de faible grossissement est un de ces mots qui sont impropres, faute d'être bien définis; le grossissement désigné comme le plus faible, est aussi fort que tout autre, par rapport aux dimensions de l'objet qu'il nous permet de voir. Une lentille est faible de courbure, longue de foyer; mais elle grossit suffisamment tout ce qu'elle nous fait voir d'une manière distincte. Ne cherchez pas à vous servir des

plus courts foyers, pour observer des objets d'un grand diamètre; vous distingueriez tout aussi peu qu'en soumettant des objets du plus petit diamètre à des lentilles à long foyer; on ne doit pas plus déplacer une lentille qu'une capacité intellectuelle : l'une et l'autre ne fonctionnent qu'à leur place.

563. Car les rayons utiles à la vision microscopique étant ceux qui s'écartent le moins du parallélisme, il s'ensuit que le diamètre de l'objet, dont la lentille doit agrandir l'image, doit égaler environ le champ de la lentille, qui donne le moins d'aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, et que son épaisseur doit être telle que les deux surfaces, l'inférieure et la supérieure, par rapport à l'observateur, puissent être considérées, comme étant toutes les deux au foyer de la lentille. Je ne vous dirai pas : Ne placez pas un fragment de 4 millimètres de diamètre sous une lentille de 2 millimètres de foyer; car vous vous exposeriez, à force de vouloir voir en avançant le porte-objet, à briser la lentille, et même une lentille de diamant, petit accident qui n'arrive pas seulement à des membres de l'Institut encore novices (417). Mais ayez soin de ne grossir les images qu'autant que s'y prête l'objet; autrement, une zone de l'objet se trouvant au foyer, quand les autres resteront en deçà ou s'élèveront au-delà, l'image qui arrivera à votre œil sera la somme d'une portion de réalité et de diverses négations visuelles. Soit, par exemple, un grain de fécule de pomme de terre, qu'à une simple lentille d'une ligne du microscope simple, vous apercevrez avec l'aspect et les dimensions de la fig. 1, pl. 6, et avec des stries intérieures qui se dessinent sur la surface. Si vous placez, au contraire, la même fécule sous l'objectif d'un microscope composé qui grossisse trois à quatre cents fois, ces belles perles, si pures et si limpides, se creuseront tout-à-coup, vers leur centre, en un godet analogue aux contours, et se sillonneront de cercles concentriques en creux et en relief, comme on le voit sur la fig. 28. Cette image sera donc fausse, quel que soit du reste le mérite de l'instrument; et cela viendra de ce que toute la portion

ulminante du grain de fécule se trouvant au-dessus du foyer, este invisible, et, partant, dans l'ombre, et que ce qui est mbre, sur un champ éclairé que l'on considère de haut en as, doit paraître creux.

564. Après s'être façonné la vue au moyen d'une lentille 'un pouce, on cherche à se faire successivement à l'emploi es lentilles suivantes, en se servant d'objets de plus en plus etits : de grains de sable, de cristaux grossièrement pulvéisés, et enfin de cheveux, de poussières de papillon, principalement du papillon de choux (pl. 18, fig. 3 et 4), non seument parce que ce papillon est le plus commun, mais ncore parce que ses écailles aplaties et transparentes se rêtent mieux à la réfraction.

565. On passe ensuite au maniement du microscope composé, en ayant soin de commencer par les grossissements les lus faibles, même par des grossissements plus faibles encore ue le premier du microscope double : car ce sont, en *chimie rganique*, les lentilles du plus long foyer, qui s'opposent le oins à la manipulation. On peut se procurer, chez le fabriant, un jeu d'objectifs qui donne un grossissement de 50 diaètres seulement, et dont la distance focale est, par conséuent, fort longue (400).

566. Une fois qu'on a contracté l'habitude de ce foyer, on 'a plus besoin que d'une plus lente précaution, pour aborder vec succès les foyers plus courts; mais qu'on emploie les ns et les autres, on ne doit être sûr d'avoir bien vu, que lorsue l'image offre des contours nets, et d'un noir pur de péombres. Si, malgré tous ces tâtonnements de va et vient, on e parvenait pas à obtenir ce bel effet, ce serait la faute du icroscope, ou celle de quelque impureté de la surface de la ntille, qu'il faudait nettoyer, soit avec une goutte d'eau, it avec une goutte d'alcool et un linge en mousseline non npesée.

567. On est sûr que les lentilles sont d'une bonne fabrica-

tion, et dans un état suffisant de propreté, lorsqu'au grossissement de 300 diamètres les stries longitudinales de la poussière du papillon de chou (pl. 18, fig. 4) se présentent comme tout autant de rangées de faîtières, si je puis m'exprimer ainsi, ou bien comme les nervures des glumes des Graminacées examinées à la loupe et par réfraction. Quant à l'autre espèce de poussière (fig. 3) qui se trouve sur le même papillon, il faut que les stries en soient courbes, bosselées, et que l'on distingue parfaitement bien, et le pompon (*a*) qui se loge dans l'échancrure, et les fibrilles radiculaires (β) qui en terminent la pointe.

568. Jusque là nous n'avons établi aucune distinction, entre l'observation par réfraction et l'observation par réflexion; elle est pourtant tranchée au microscope. Pour que le rayon de réflexion (456) arrive à la lentille qui se trouve dans la verticale de l'objet, il faut nécessairement, en vertu de l'égalité parfaite des angles d'incidence et de réflexion, que ces deux rayons fassent, avec la normale, un angle fort aigu. Mais alors il faut aussi que l'objet se trouve placé à une assez grande distance de la lentille, si l'on ne veut pas que la lentille, par sa monture, et même par sa seule surface, arrête au passage le rayon qui arrive du foyer lumineux, pour être réfléchi par la surface de l'objet qu'on observe. De là vient que plus le foyer du grossissement se raccourcit, et plus l'objet se plonge dans l'ombre, en sorte qu'au microscope composé on arrive à ne plus rien distinguer, si l'on ne veut observer que par réflexion. Pour remédier à cet inconvénient, on fait usage de prismes, de miroirs concaves ou de lentilles, qui dirigent et concentrent sur l'objet, les rayons, que ces appareils interceptent à une certaine distance de l'objectif. Mais ces instruments, en projetant un plus grand faisceau de lumière sur l'objet, ne peuvent l'éclairer que par une incidence que n'intercepte pas la monture des lentilles; sans cela les rayons arrivant trop obliquement sur l'objet, pour que la réflexion

se trouve dans l'axe du microscope, l'objet, inondé de lumière, quand on l'examine à l'œil nu, se perd dans l'ombre, si on le cherche au microscope; et malgré tous les perfectionnements apportés aux miroirs réflecteurs, il faudrait désespérer de soumettre l'observation aux grossissements supérieurs fort ordinaires, si son opacité ne le rendait susceptible d'être distingué que par réflexion. Il en est tout autrement si la substance en est transparente en tout ou en partie; car alors il sera facile d'en étudier la structure, en l'observant à travers jour, au moyen de la lumière des nuages ou de la lampe, ou, ce qui est plus facile, par la réflexion d'un miroir mobile dans tous les sens, qui se trouve au bas du microscope, ce qu'on appelle observer par *réfraction* ou par *transmission des rayons lumineux*. Les corps transparents sont observables par réfraction à tous les genres de grossissements; les corps opaques, au contraire, qu'on ne saurait étudier que par réflexion, sont d'autant moins visibles que le grossissement est plus fort. A certains numéros même, en employant les miroirs réflecteurs les mieux construits, il faut désespérer aujourd'hui d'observer les corps opaques.

569. J'ose même avancer, d'après ma propre expérience, qu'on parvient à voir beaucoup mieux les corps opaques, à des grossissements élevés, sans miroirs réflecteurs, qu'à leur aide; pourvu que l'œil ne reçoive d'autres rayons lumineux que les faibles rayons qui lui arrivent de l'intérieur du microscope, et qu'il attende quelques instants pour se former à ce crépuscule, et élargir sa pupille sous l'influence de cette complète obscurité; car, dès ce moment on distingue des reflets caractéristiques, qui de prime abord étaient inapercevables. Jamais je n'observe les corps opaques autrement; et je n'aurais jamais pris le parti de faire entrer la lentille réflective (fig. 6, pl. 5) au nombre des pièces du microscope double (459), si je n'avais dû en conseiller l'usage que dans ce cas; mais elle avait à mes yeux le mérite de pouvoir échauffer et brûler même les petits objets au microscope; ce qui

lui donne une certaine importance en fait de manipulations chimiques.

570. On doit prendre garde de ne jamais poser une loupe ou un porte-lentille, par le côté du verre, sur une table; car la silice se trouve fréquemment au nombre des fragments de poussière, et la lentille se rayerait, sur les angles de ces poussières, au moindre déplacement. Lorsque la poussière a pénétré dans le fond du cône où se trouve placée la lentille, on l'enlève avec un pinceau très doux et jamais avec un linge, crainte de rayer le verre par le frottement. Si l'on ne trouve pas de pinceau sous la main, on démonte le porte-lentille et on en lave le verre à l'eau distillée, dont on a toujours à sa disposition une petite provision, dans l'un des *flacons à l'émeri* de la table laboratoire (332). On essuie alors le verre avec une mousseline usée, mais non empesée.

571. C'est un grand point, que de savoir diriger la lumière sur l'objet, d'une manière favorable à la vision; et afin d'en contracter plus facilement l'habitude, il sera bon d'observer le même genre d'êtres, en promenant le tube du microscope successivement sur toute la surface du porte-objet. Car à chaque pas de vis, qui poussera en avant ou ramènera en arrière le tube du microscope (pl. 5, fig. 1), à chaque mouvement qui fera pivoter le levier horizontal (*lv*), de gauche à droite et de droite à gauche, on sera obligé d'amener un trou différent du diaphragme (*dd*), sous l'axe du tube, et de faire coïncider avec le même axe le foyer du miroir concave (*m*), dont la monture tourne autour de la tige (*tg*), et se coude en (*cd*) dans cette intention. On observera alors que la même quantité de lumière ne convient pas à tous les objets, et que pour arriver à en éclairer un convenablement à toutes les heures de la journée, il faut, et changer à chaque fois la distance du diaphragme au porte-objet, et rétrécir même l'ouverture de la lame inférieure du dia-

ıgme, en la recouvrant en partie par les bords de la fente ı lame supérieure. Quant à la distance et à l'inclinaison niroir, ce sont deux conditions qui dépendent de l'inten- de lumière des nuages, et de l'azimut d'où vient le jour: es conditions qu'on apprend à remplir par l'usage et la ıipulation. C'est faute d'avoir connu ces principes, que éfutation officielle (*) a imprimé en grosses lettres, il quelques années, qu'un tissu était soluble dans l'eau; ıicroscope, en effet, dont elle se servait encore novice, ıt privé d'un diaphragme et inondé de lumière, ne per- tait plus de voir dans le liquide les objets tenus en suspen- ı; Berzélius ne manqua pas d'inscrire la dénégation au ; des vérités démontrées.

72. Le miroir que nous avons adapté au microscope ble, est concave d'un côté et plane de l'autre. Celui-ci ne ; être employé que pour réfléchir la lumière solaire que tre concentrerait sur l'objet, comme en un foyer, ce qui hausserait, et le brûlerait même, au lieu de l'éclairer. Au ;en du miroir concave, on peut se servir de la lumière ıire, pour amener à l'ébullition le liquide dans lequel est ıgé l'objet de l'observation; on enveloppe alors les objec- (*ob*), du manchon en verre (fig. 13), et on tourne la ıle, jusqu'à ce qu'on ait rencontré une portion du verre, laisse parvenir aux lentilles les rayons lumineux sans dé- ıion.

ı73. Nous avons fait remarquer (437) que le microscope nposé renverse les images, et fait voir à droite ce qui est auche, et en arrière ce qui est en devant; cet effet déjoue s les mouvements du manipulateur, lorsqu'il débute au :roscope. Mais après un certain nombre d'exercices, on se tellement à cette circonstance, que, même sans y avoir léchi, on se sert de la main gauche, pour faire parvenir la

') Voyez *Annales des sciences d'observation*, tom. II p. 104 1829.

pointe du scalpel à droite de l'objet qu'on aperçoit au microscope, et de la main droite pour atteindre le côté gauche du même objet. On ne doit jamais perdre de vue la loi du renversement des images, lorsqu'il s'agit de déduire la forme générale d'un corps, du jeu de la lumière qu'il réfracte; sans quoi l'on s'exposerait souvent à prendre une pyramide creuse (pl. 8, fig. 12, *a*), par exemple, pour une pyramide en relief, *et vice versâ;* ce qui n'arrivera pas, lorsque la direction, selon laquelle la lumière est réfléchie sous l'objet, étant connue, on saura que les faces de la pyramide creuse sont éclairées à l'opposé de celles de la pyramide saillante. On ne perdra pas de vue non plus les effets de la lumière réfléchie par les faces de l'objet, que l'on éclaire principalement par réfraction; et pour se préserver de cette cause fréquente d'illusion, on enveloppera les lentilles avec l'*abat-jour* (fig. 12, pl. 5), que l'on descendra jusque sur la surface du porte-objet, pour intercepter tous les rayons de la lumière obscure qui se glisseraient sur l'objet, entre l'objectif (*ob*) et la platine (*pl*, fig. 1).

574. Les objets, surtout ceux de nature organique, doivent toujours être décrits, en les observant plongés dans un liquide, dont la surface puisse être considérée comme parallèle à la lame du porte-objet; on étend en conséquence la goutte de liquide; et même afin d'avoir un parallélisme plus durable et plus complet, on la recouvre d'une lame de verre soufflé très mince, ou bien d'une lame de *mica*. On se procure des lames de verre de ce genre, avec des débris de boules soufflées (375), que l'on ramollit au feu, et qu'on laisse s'aplatir d'elle-mêmes sur une lame de métal un peu chaude. Sans toutes ces précautions, la goutte de liquide serait exposée à jouer le rôle de lentille (410), et à dévier, de l'axe du microscope, les rayons qui éclairent l'objet.

575. La nature du liquide, dont on doit faire usage, pour

l'inspection d'un objet, est indiquée par la solubilité et l'indice de réfraction (396) de celui-ci, c'est-à-dire que l'on se sert d'un liquide, dans lequel le corps n'est pas soluble en tout ou en partie, et dont le pouvoir réfringent est analogue à peu près au sien. La première condition lui conserve ses formes naturelles, la seconde son aspect. Car si le milieu, dans lequel on observe un objet par réfraction, est d'un pouvoir réfringent différent du sien, l'objet paraîtrait noir, de diaphane qu'il est, à cause de la double déviation que subiraient les rayons lumineux, en passant du liquide dans l'objet par sa surface inférieure, et en sortant de l'objet pour rentrer dans le liquide par la surface supérieure.

576. Soit, par exemple, une gouttelette d'eau attachée à la lame du porte-objet et visible en entier au microscope, elle apparaîtra toute noire, et seulement percée comme d'un trou au centre; car, avec sa forme sphérique, elle ne laissera parvenir presque, à l'objectif, que les rayons lumineux qui se rapprochent le plus de son axe, rayons qui subissent la moindre réfraction (404). Supposons maintenant une bulle d'air dans l'eau; par la même raison, cette bulle d'air prendra l'aspect de la gouttelette d'eau observée dans l'air; elle apparaîtra comme une bille noire, à cercles concentriques chatoyants, et percée d'un trou lumineux au centre (pl. 8, fig. 12 *a'*); et il n'est pas rare de trouver dans les micrographes, même les plus estimables, de pareilles bulles prises pour des organes perforés (*).

577. Observons dans l'air un organe, dont le pouvoir réfringent se rapproche de celui de l'eau pure, un grain de fécule, par exemple (pl. 6); il prendra l'aspect, tout limpide qu'il est, de la bulle d'air observée dans l'eau : ce sera une vésicule noire, éclairée à son centre d'un point blanc lumineux concentrique à ses contours (fig. 21, 22), et qu'à la première vue bien des physiciens ont été tentés de prendre

(*) Leeuwenhoek, *Arcan. nat.* ep. 74. p. 332, fig. 20, H.

pour une perforation. Tout cet aspect si étrange disparaîtra, comme par enchantement, en couvrant le grain de fécule d'une nappe d'eau; cet organe revêtira dès lors et l'aspect, et la limpidité d'une belle perle de nacre (fig. 23), si l'on ne se sert pas du diaphragme, pour diminuer l'intensité de la lumière; et offrira des bords plus prononcés et des accidents de surface plus distincts (fig. 1, 3, etc.), si on laisse arriver la lumière sur lui avec plus de parcimonie.

578. Dans l'alcool, le grain de fécule paraîtrait plus noir, de même que les granules de graisse (pl. 10, fig. 32, 33) vus dans l'eau. C'est-à-dire, en thèse générale, que les objets noircissent d'autant plus que le milieu, dans lequel on les observe plongés, a un *indice de réfraction* plus éloigné du leur.

579. Il en sera de même de deux liquides que l'on mêlera ensemble au microscope. L'un formera dans l'autre des stries d'autant plus prononcées, que leur pouvoir réfringent sera plus distinct, jusqu'à ce qu'enfin le mélange intime des deux se soit accompli, et que la densité de la masse soit devenue homogène. C'est ce qu'on pourra observer, en versant une goutte de sucre sirupeux dans l'eau du porte-objet, ou même de l'éther et de l'alcool, ou bien enfin de l'eau à une température élevée, celle du porte-objet se trouvant à la température ordinaire. Si l'on fait arriver la première dans celle-ci, par l'orifice d'un tube effilé à la lampe (fig. 20, pl. 3), elle fera l'effet d'un petit cil vibratile qui terminerait l'orifice; ce qui durera jusqu'à ce que les deux températures se soient corrigées l'une par l'autre, et que le mélange se soit accompli.

580. Il arrive souvent que les corpuscules microscopiques, tardant à se mouiller, restent suspendus à la surface du liquide, au sein duquel on désire les observer. On tomberait dans une grande erreur si l'on négligeait cette circonstance; car on attribuerait, à la différence du pouvoir réfringent du liquide, un aspect qui ne provient que de la différence du pouvoir réfringent de l'air ambiant, dans lequel ces objets

nt réellement plongés. En ayant soin de recouvrir le li-
d'une lame de verre ou de *mica*, [illegible]ite cet inconvé-
, et l'on est sûr de cette façon d[illegible] l'objet plongé
le liquide.

1. Sur la foi des physiciens, les micrographes ont l'ha-
e de dire qu'au moyen du microscope achromatique,
it les objets avec leur coloration naturelle; c'est une er-
grave qui vient d'un malentendu. L'achromatisme a la
iété de faire parvenir à l'œil, sans décomposition, les
s lumineux qui émergent d'un objet éclair[illegible] vers l'objec-
ais cet objet qu'on éclaire par réfraction, n'est rien
s qu'achromatisé; les ray[illegible]le traversent y subis-
diverses aberrations, selo[illegible]ourbure des accidents de
surface et selon leur indice de réfraction (398). D'où il
que la réfraction les colore au microscope même achro-
ue, d'une couleur qu'ils n'ont pas, lorsqu'on les éclaire
r réflexion; et de là vient que les membranes animales,
us beau blanc à la vue simple, paraissent toujours jaunes
e porte-objet, lorsqu'on les observe par transparence;
-à-dire que du rayon blanc que le miroir concentre
eur surface inférieure, ils ne laissent parvenir à l'objec-
hromatique que le rayon jaune. D'autres corps organisés
e courbure plus forte ou d'un pouvoir réfringent plus
ent, s'entourent de franges colorées, que l'achromatisme
met à l'œil comme il les reçoit. En combinant l'observa-
par réflexion avec l'observation par réfraction, on aura
oyen de reconnaître et la coloration naturelle de l'objet,
s caractères de sa réfrangibilité.

2. Les accidents de surface d'une membrane jouent le
de lentilles convergentes et divergentes, et peuvent don-
le change à l'observateur peu expérimenté, sur la struc-
de son organisation intime; il ne faut jamais perdre
ue cette circonstance, dans l'évaluation rationnelle des

images, dont on cherche à confier les formes au papier. Une bulle d'air, emprisonnée entre la lame de verre et la membrane, prendra l'aspect d'une cellule d'un tissu, tant que la membrane restera recouverte d'une couche de liquide; et lorsque la dessiccation multipliera les points d'adhérence de la membrane au verre, cette bulle d'air, obéissant à la pression, fuira dans différents sens et en ramifiant son volume de manière à simuler une vascularité. Pour s'assurer de sa présence, on n'aura qu'à presser la bosselure avec la pointe de l'aiguille; car on verra distinctement alors que cette prétendue cellule est sans parois. C'est faute d'avoir apprécié cette circonstance, que la micrographie académique a pris si long-temps des bosselures pour des globules disposés en chapelet, et ces chapelets de bulles d'air pour les fibrilles élémentaires des tissus organisés.

583. Si ces bosselures se rapprochent de la forme sphérique, ou bien si elles proviennent de globules réels attachés accidentellement à la surface de la membrane, ou inhérents à son organisation, par la manière dont ils réfracteront la lumière (404), ils auront l'air d'être tout autant de perforations; l'observateur verra un trou dans la transparence de l'axe; et c'est à cette illusion que la science a été si long-temps redevable de l'existence des tubes poreux (*), dont on n'ose plus parler aujourd'hui.

584. Un corps opaque placé sous une membrane transparente, sera dans le cas de prêter à celle-ci, avec son ombre, des caractères étrangers que l'on croira inhérents à son tissu ou à sa surface. C'est une illusion analogue qui a légué à la physiologie végétale ses *tubes fendus*, et ses *fausses trachées*.

585. Le moindre pli de la membrane présentera les caractères d'une fente; le moindre enfoncement celui d'une ouverture, dont les bords sembleront se rapprocher ou s'écarter, selon que la membrane se desséchera ou s'humectera de liquide, c'est-à-dire se creusera ou se distendra.

(*) Voyez *Nouv. syst. de physiolog. et de bot.*, tome I, § 688.

586. Les gouttelettes d'huile essentielle, de graisse et d'huile fixe, en se déposant sur la surface d'une membrane, la paveront, pour ainsi dire, de globules qui simuleront un tissu granulé. Ces globules disparaîtront dans l'alcool et dans l'éther, et se conserveront, au contraire, dans l'eau. Les globules qui couvrent les tissus de la fig. 2, pl. 11, ne sont que des gouttelettes de graisse abandonnées par l'alcool, sur la surface de la membrane.

587. C'est enfin en ne perdant jamais de vue les effets combinés de la réflexion et de la réfraction, qu'on parviendra à se préserver des illusions microscopiques, et à déterminer la vraie nature des objets, par leur seule apparence. C'est en raisonnant au microscope, d'après les principes d'investigation qui nous dirigent dans nos jugements à l'œil nu, que nous pourrons donner aux résultats de l'observation microscopique les caractères d'évidence qui distinguent nos observations en grand.

Or qui voudrait prononcer que ce châssis lointain, qui laisse passer librement la lumière, soit dépourvu de verre, et tout-à-fait à claire-voie; que ce globe soit perforé au centre; qu'il n'est lumineux que sur ce point? Comment réfute-t-on de pareilles illusions dans les observations à l'œil nu? N'est-ce pas en confrontant ce que l'on voit avec les souvenirs de ce qu'on a vu, en contemplant l'objet sous différents jours, et en faisant varier de la sorte le jeu de la lumière; en observant le soir, en observant le matin, enfin à toutes les heures de la journée, qui impriment à l'objet un nouvel aspect? Eh bien! au microscope, où l'observateur ne saurait se déplacer, il faut déplacer de mille manières l'objet et projeter le jour sous différents angles; et on doit raisonner encore plus rigoureusement qu'à l'œil nu. Qu'on reproduise par le dessin tous les aspects, sous lesquels on a varié l'image de l'objet, qu'on les reproduise avec la servile exactitude d'un homme dont tout le talent d'observation serait au bout de ses doigts

et de son crayon ; qu'on se demande ensuite par quelle forme on pourrait reproduire en grand les images qu'on vient d'obtenir au microscope, dans toutes les positions données par le dessin ; et si l'on parvient à la déterminer, on aura atteint le secret de l'observation microscopique : car les lois de la lumière ne changent pas avec les dimensions des corps ; il doit en être de même des lois du raisonnement.

588. Je terminerai ces considérations générales, par l'évaluation d'une espèce d'illusion, qui n'est, en définitive, qu'un simple enfantillage, mais qui pourtant, il y a environ huit ans, n'en a pas moins acquis une importance académique et solennelle (*). Ces messieurs, en effet, protecteurs et protégés, avaient vu, dessiné et compté, presque un à un, les animalcules spermatiques des plantes, qui avaient échappé jusque-là aux recherches des plus laborieux observateurs. Ils les reconnaissaient à un mouvement lent et gradué, qui, sans offrir tous les caractères des mouvements spontanés, ne laissait pas que d'être distinct à un œil exercé et habile. Ces messieurs durent sans doute accuser notre œil d'être complétement privé de ces deux belles qualités, lorsque, dans notre audace grande, nous vînmes dire, au milieu même de l'assemblée, que ces prétendus animalcules n'étaient que des gouttelettes d'huile essentielle plus ou moins mêlée à une résine, et souvent des globules glutineux imprégnés d'un acide qui les arrondissait; qu'enfin ces mouvements en apparence spontanés n'étaient pas même des mouvements automatiques ; qu'un enfant ne se méprendrait pas sur la nature de ces mouvements, en voyant flotter les fragments de liége sur la surface de l'eau de nos bassins. Jugez de la colère académique, à l'audition de telles impertinences, d'autant plus insultantes qu'elles avaient déjà l'air d'être l'expression de la vérité. On se récria bien haut, on écrivit beaucoup avec des plumes occultes et dans les jour-

(*) Voyez *Annal. des sciences d'observation*, tom. I, p. 257, 1829.



aux incompétents ; mais pourtant on sentait qu'il fallait se endre ; on n'attendait qu'une heureuse transition. Rob. Brown int leur offrir cette planche de salut ; les sauvait en renhérissant sur leur idée : « Ce que vous avez vu et ce qu'on vous ie, leur dit-il, n'est qu'un cas particulier d'une grande loi, que je viens de découvrir à mon tour. On vous a donné tort, arce que vous n'avez dit de la vérité qu'une bien minime artie. Ce ne sont pas seulement les granules de pollen qui ouissent d'un mouvement spécial, ce sont toutes les molécules de substance que l'on suspend à la surface d'un liquide ; a limaille de fer elle-même est douée d'un mouvement admirablement caractérisé. » Et en lisant, avec le plus grand sangroid, toutes ces choses, Rob. Brown ne faisait rien moins que e mauvais plaisant, comme nous fûmes tenté, de primebord, de le croire ; il parlait très sérieusement, sans envie le persifler et de faire une malice. Nos savants le prirent, eur tour, sur le même ton, ils accueillirent cela avec le même sérieux que la nouvelle loi de l'*endosmose ;* l'on se crut heureux d'avoir, pour se tirer du premier mauvais pas, la ressource de se tenir fixe dans un autre. Il est des positions où le savant se trouve invulnérable : ce sont celles qu'on ne peut prendre d'assaut qu'en éclatant de rire ; comment, en effet, s'y prendre pour réfuter sérieusement l'annonce de Rob. Brown ? Il n'y avait qu'un moyen, c'était de demander qu'il plût à l'Académie d'étendre ce privilége à des molécules de plus grande dimension, de ne point laisser le monopole de la loi Rob. Brown aux grossissements de cent cinquante diamètres, et de déclarer, qu'à partir de ce jour, les bouchons de liége, taciturnes et immobiles tant qu'ils séjournent sur la table du buveur, acquièrent une puissance subite de locomotion, dès que celui-ci les jette à la rivière, et qu'ils se dédommagent alors fort amplement de leur trop longue immobilité.

Que voulez-vous ? nous avons eu soin de vous prévenir que nous vous dirions des enfantillages ; pardonnez-les-leur, mais ne les imitez pas ; et afin d'éviter à l'avenir d'être dupes

d'une illusion semblable, recherchons les causes qui, au microscope, sont capables de prêter à des mouvements passifs et automatiques l'apparence d'un mouvement spontané.

589. 1° Toutes les fois que vous placez une goutte de liquide sur le porte-objet du microscope, par suite de ce seul déplacement, il s'établit, dans ce petit océan, un mouvement qui doit nécessairement se traduire en deux courants inverses, c'est-à-dire en un courant circulaire qui va d'abord de bas en haut, et ensuite horizontalement. Les corps microscopiques à demi plongés dans le liquide, et qui nagent, pour ainsi dire, entre deux eaux, obéiront au premier; les corps, au contraire, suspendus à la surface du liquide obéiront au second. Dans le principe, ces courants ont la vélocité de la tempête, et font passer les corpuscules sous l'œil de l'observateur avec la rapidité d'un torrent; mais quelques instants après ce tourbillon s'apaise, et les corpuscules, devenus plus calmes, défilent et voguent, avec une lenteur et une régularité de locomotion qui semblerait venir de leur fait.

590. 2° Il en est de même, lorsque des corpuscules ou des petits cristaux de sels sortent avec explosion d'une cellule, d'un vaisseau béant, ou d'un organe qui se vide; il se produit, à l'orifice, un tourbillon, une espèce de remous, qui entraîne tous les corpuscules dans le courant, et qui, en se ralentissant, leur imprime des mouvements plus variés et les abandonne à des directions plus illusoires. Spallanzani avait très bien décrit les effets de ce mouvement sur les granules qui sortent pendant l'explosion du grain de pollen, avant que nos observateurs académiques s'en fussent rendus dupes.

591. 3° Nous aurons à nous occuper, dans le cours de cet ouvrage, des mouvements imprimés au liquide par les organes de la respiration des infusoires, et des vorticelles surtout; s'il arrivait que l'un de ces animaux se trouvât tapi dans un coin de la gouttelette microscopique, ou sous un bloc de débris inorganisés, hors du champ visuel du microscope, il détermi-

neraits dans le liquide, des courants qui, faute par nous d'en apercevoir la source, imprimeraient, aux corpuscules inanimés suspendus à la surface du liquide, des mouvements en apparence spontanés.

592. 4° Par la même raison, si le courant rencontre, sur les limites du champ visuel du microscope, un grain de sable qui élève sa cime, comme un îlot, au-dessus de la surface, les corpuscules, entraînés par le flot qui tourne l'obstacle, sembleront prendre une direction de leur propre choix, comme un animal qui change d'idée.

593. 5° Les courants qui peuvent donner lieu aux illusions les plus trompeuses, sont ceux d'une moindre lenteur, et qui échappent à la vue; les corps qu'ils entraînent paraissent d'autant plus obéir à une locomotion, qui serait de leur fait, que le petit océan qui les supporte est plus calme; mais on les voit alors voguer de compagnie à une distance toujours la même, et comme à une distance d'étiquette, ne se rapprochant ni ne s'éloignant jamais les uns des autres de la plus minime fraction, s'arrêtant brusquement en masse, et reprenant leur marche tous à la fois, non comme le ferait un troupeau discipliné, mais bien comme ces petits régiments automates que la même dent d'une roue fait avancer ou reculer brusquement. C'est une lame d'eau parsemée de globules, c'est un radeau qui vogue; ce ne sont pas des globules qui voguent dans l'eau.

594. 6° Le mouvement imprimé à la table par les mains de l'observateur ou par les secousses ordinaires des maisons placées sur la voie publique, est propre à mettre la goutte d'eau, et partant les corpuscules qui la surnagent, dans une agitation, contre les illusions de laquelle l'observateur doit se tenir en garde à chaque instant. Le souffle seul est dans le cas de susciter une petite tempête dans le liquide, à plus forte raison de déterminer des mouvements plus illusoires, s'il arrive moins fort sur le porte-objet.

595. 7° Remarquez que le microscope, grossissant le trajet et les distances, sans allonger le temps qu'un corps met à les

parcourir, doit, par conséquent, grossir les mouvements des corpuscules suspendus sur un liquide agité, et leur imprimer une rapidité entièrement apparente.

596. 8° La convexité de la goutte observée entraîne, vers les bords, tous les corpuscules déposés à la surface, qui se trouve sous le champ visuel du microscope; et ces corpuscules semblent alors prendre une direction spontanée, les uns à gauche et les autres à droite de l'observateur.

597. 9° Comme l'évaporation continuelle d'un liquide change à chaque instant le niveau de la gouttelette observée, il s'ensuit que les corpuscules suspendus se mettront d'autant plus en mouvement que la température sera plus élevée, et que le liquide sera plus volatil. Une goutte d'alcool versée dans l'eau produit une tempête des plus violentes au microscope. Les mouvements de l'éther sont si forts et l'évaporation en est si rapide, qu'on n'a pas même le temps de chercher à voir ce qui se passe; tout est fini quand on regarde.

598. Enfin la volatilité de la substance que l'on observe, sous forme de globules voguant à la surface, ou qui imprègne certains globules réellement organisés, leur communique des mouvements bien plus illusoires encore. Chacun de ces globules, en effet, obéissant à une cause de déplacement qui réside en lui-même, et prenant à chaque instant la résultante d'une impulsion qui émane de sa propre surface, il arrive qu'aucun d'eux ne se meut de la même manière que son congénère, que l'un fait la pirouette, quand l'autre glisse; que l'un s'élance, quand l'autre décrit en fuyant une courbe et revient sur ses pas ensuite; que l'un plonge, quand l'autre s'élève; ce qui ne saurait manquer d'indiquer, à un œil non averti, l'existence de tout autant de mouvements spontanés. En effet, l'évaporation ne saurait avoir lieu sans déplacer l'air, si l'objet est immobile, et par conséquent sans déplacer l'objet, s'il est suspendu sur la surface d'un liquide; c'est la puissance de la vapeur des infiniment petits. Pour vous faire une idée de ces mouvements, sources de tant d'illusions,

versez une goutte d'eau de Cologne sur l'eau du porte-objet, et vous aurez sous les yeux des myriades de globules en mouvement, qui se comporteront en apparence comme le feraient des myriades de ces infusoires, qui, au plus fort grossissement, ne sont pas plus grands qu'un point, et qu'on désigne sous le nom de *monades*; ou plutôt, sans recourir au microscope, déposez sur l'eau une parcelle de camphre solide, mais fraîchement sorti du bocal et encore tout imprégné de sa portion d'huile essentielle plus volatile; vous le verrez tourner sur lui-même, et cela dans un rapport constant avec l'inégalité de ses surfaces, les mouvements de rotation devenant beaucoup moins prononcés, si, le mélange de ces deux substances étant homogène, vous avez eu soin de le tailler en cube parfait (*).

599. C'est l'esprit pénétré de ces principes irrécusables, qu'on doit procéder à toute espèce d'observation au microscope, si l'on veut tirer de cet instrument le même parti que l'astronomie a tiré de l'emploi du télescope, et la chimie et la physique de leurs instruments de précision. Dans les chapitres qui vont suivre, nous aurons soin de faire l'application de ces principes à toutes les opérations d'analyse en petit, qui correspondent aux opérations en grand de la première section de cette première partie.

(*) *Sur les granules de pollen*, mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris, tome IV, 1828.

CHAPITRE III.

DIVISION EN PETIT DES CORPS INORGANIQUES ET ANATOMIE DES CORPS ORGANISÉS (23).

600. Il n'est certainement pas besoin d'instruments d'un grand prix, pour obtenir en peu de temps, de la division mécanique, les quantités que réclament les essais au chalumeau ou au microscope. Rien n'est plus facile que de s'improviser un pilon et un mortier d'agate, au moyen de ces cailloux roulés, de formes et de dimensions si variées, qui encombrent les sablonnières des terrains d'alluvion. Il suffit de briser les plus gros, pour en obtenir des cavités en segments de sphère d'une belle régularité, et de tailler en biseau une des extrémités des cailloux cylindroïdes, pour avoir une molette par le côté obtus, et un tranchant qui peut servir au besoin et de couteau et de marteau taillant. En fait d'expériences en petit, nous n'avons jamais eu recours aux mortiers et aux pilons d'agate d'une autre fabrique.

601. Mais la dissection ne procède pas avec l'uniformité de la division mécanique ; et les corps organisés, association harmonieuse d'organes si divers par leurs formes et leurs fonctions, ne peuvent être soumis à l'étude analytique, qu'à la suite d'un triage intelligent, d'une distribution méthodique de diverses pièces, et enfin par les procédés les plus délicats de l'anatomie. On peut laisser au hasard le soin de diriger la molette (25, 9°) ; on n'a pas en effet à craindre de confondre, là où toutes les molécules appartiennent au même élément. Mais le scalpel, en pénétrant dans le domaine de l'organisation, ne saurait avancer d'une ligne, que sous l'empire de l'induction et de la mémoire.

602. L'organisation intime des végétaux s'offre à l'œil de

l'observateur armé des plus forts grossissements, avec une simplicité désespérante de formes, et des détails qui ne sont en définitive que les innombrables répétitions du même type; en sorte que les organes les plus divers, sous le rapport de l'élaboration et des produits, se présentent à la loupe et au microscope exactement avec la même structure, les mêmes dimensions et la même couleur (*). Il n'en est pas de même en anatomie animale; à mesure qu'on observe des êtres un peu plus compliqués que ceux du bas de l'échelle, on voit les organes changer de formes, en changeant de fonctions, et présenter des caractères, au moyen desquels on peut facilement s'orienter, lorsqu'on cherche à dresser la topographie du corps organisé. En sorte que les procédés de dissection, que nous allons décrire, sont d'un usage bien plus fréquent dans l'étude du règne animal que dans celui du règne végétal.

603. Lorsque l'être vivant, dont on désire soumettre l'organisation des tissus à une analyse fine et microscopique, ne dépasse pas sept à huit centimètres de diamètre, ou bien qu'on l'a amené par une dissection en grand à ces proportions, on le place dans la cuve à dissection (pl. 3, fig. 2), et on l'y recouvre d'une nappe d'eau telle, que le liquide ne s'élève pas à plus de deux ou trois lignes au-dessus des points culminants du corps. Pour prévenir la putréfaction de la substance, on a soin de déposer à la surface de l'eau, un certain nombre de fragments de camphre, ce qui permet d'observer aussi long-temps qu'on le désire, et de ne renouveler l'eau qu'alors qu'elle est devenue trop trouble, et trop imprégnée de globules graisseux, pour se prêter à la vision.

604. On fixe les bords des organes contre les parois de la ceinture de liége, et on les maintient ainsi en position. On saisit les plis de la portion qu'on a en vue d'étudier de préférence, avec la pince dentée (fig. 18, *pi*), et l'on divise avec l'un ou l'autre des scalpels (fig. 17), selon que la surface et la consistance de l'organe exigent l'emploi d'une lame à tran-

(*) *Nouv syst. de physiolog. végétale et de botan.*, tome Ier, § 624, 1836.

chant courbe en dedans (α), ou en dehors (β). On fait usage aussi de ciseaux droits ou courbés sur le plat, quand on craint que le scalpel ne déchire et ne distende, et qu'on a besoin d'opérer une division nette et franche, ou de retrancher une portion d'organe en entier. On fixe successivement toutes les membranes divisées, contre le liége, au moyen d'érignes libres; et on les étale avec ordre, pour aborder les régions qu'elles recouvraient.

605. C'est à ce moment que le dessin vient en aide à la mémoire; car nul observateur aujourd'hui ne doit rester étranger aux règles du dessin. Quelque haut placé en effet qu'on se trouve, et de quelques fonds que l'on ait droit de disposer, on ne saurait avoir à chaque instant de la journée un dessinateur sous sa main; et on l'occuperait fort inutilement, si l'on voulait lui faire dessiner toutes les formes que l'on observe, et sur la valeur desquelles l'observation ne permet pas encore de se prononcer; on perdrait soi-même bien du temps, si l'on s'attachait à dessiner tout ce qui se présente, avec le fini qu'exige une publication. Mais il n'est rien en débutant, dont on ne doive obtenir un croquis exact sous le rapport des contours, des dimensions et des accidents principaux qu'il importe de constater. Ce sont des souvenirs précieux pour les observations ultérieures; ce sont des matériaux, tout grossiers qu'ils paraissent, dont on aura plus d'un parti à tirer, si l'on a pris soin de noter les rapports d'insertion par des signes distincts, les dimensions par des chiffres, et les caractères divers par des *aplats*, par des mots, ou par des lettres abréviatives.

606. On examine chaque région par les effets de la lumière diffuse, et par ceux de la lumière réfractée, à l'aide du miroir (fig. 3), que l'on promène sous la cuve. Le premier mode donne les colorations des surfaces et les reliefs de l'objet; le second en révèle la structure intime, et fournit le moyen de lire, dans l'intérieur d'un organe, les détails que la pointe du scalpel ne saurait aborder.

607. La loupe (fig. 5) suspendue au levier coudé (fig. 4) (336), est un instrument indispensable, dans toute anatomie fine; l'œil ne doit s'aventurer dans le dédale d'une organisation réduite à ses moindres termes, qu'à l'aide d'un instrument d'un champ aussi vaste et d'une aussi grande netteté d'amplification. Mais lorsque la petitesse des détails se refuse à ce grossissement ordinaire, on pourra soumettre, sans déplacement, la membrane à l'objectif du microscope composé. La monture du *microscope double* (459) a été modifiée dans cette intention.

608. En effet, la tige (*tg*, fig. 1, pl. 5), peut s'introduire dans une douille pratiquée dans l'épaisseur de la table; on enlève la platine du porte-objet (*pl*), on enveloppe le cône des objectifs (*ob*) de son manchon en verre (fig. 13), le microscope peut plonger de la sorte dans le liquide de la cuve, à toutes les profondeurs; et à la faveur des mouvements qu'exécute le levier horizontal (*lv*), il est facile d'amener l'objectif au-dessus du moindre détail microscopique, dont on a remarqué la région avec la loupe; on l'éclaire soit avec le miroir du microscope lui-même, soit avec le miroir portatif (fig. 3), si la tige de l'autre n'arrive pas à point. Nous conseillons pourtant de ne pas dépasser, dans ces sortes d'observations, les grossissements de 50 à 80 diamètres; les dimensions des organes de ce calibre n'exigeant pas une plus grande ampliation, et l'épaisseur des parois de la cuve s'opposant à la clarté que réclament impérieusement les grossissements supérieurs.

609. Les colorations artificielles peuvent remplacer avantageusement, en certains cas, l'usage du scalpel, et rendre visibles les parties les plus ténues d'un organe. On les produit par *injection*, ou par *réaction*.

610. L'injection sert à faire distinguer une cavité ou un réseau, en la colorant d'une manière particulière. En grand, on se sert d'une seringue à double courant; dans les injec-

colorées, qui se fixent sur la surface de son corps. La micrographie est encombrée de pareilles illusions, que les compilations recueillent le lendemain de l'annonce académique, et qu'on n'efface des pages de la science qu'après dix ans de discussion (*).

624. Observez les effets de la réfraction sur toutes les faces de l'objet, si vous voulez arriver à en reconnaître exactement la forme générale. Si l'animal a des mouvements trop brusques et nage trop rapidement, on limite sa course, et l'on ralentit son mouvement, en recouvrant la gouttelette d'une lame de talc. Si l'objet est inerte et immobile, on lui imprime des mouvements favorables à l'observation, en imprégnant l'eau qui le renferme, avec une larme d'alcool ou d'éther; il s'élève d'abord une tempête microscopique, à laquelle succède une agitation plus régulière, à mesure que l'évaporation se ralentit.

625. Des êtres organisés étudiez l'histoire : il est des organes qui ne se dessinent bien qu'à une certaine époque, et à certains âges; l'ovaire et ses dépendances à l'âge adulte; l'anus à l'instant de la défécation; le canal intestinal pendant l'acte de la digestion; la bouche à celui de la déglutition; l'organe respiratoire se révèle par les divers courants qu'il détermine dans le liquide, toutes les fois qu'il est en fonction. Quant aux corps inorganiques, étudiez-en les angles et la forme par le jour et les ombres, et la nature, par l'emploi des réactifs qui vont faire l'objet des chapitres suivants.

626. Mais comme l'étude de l'histoire naturelle doit être

(*) Le procédé le plus expéditif, pour dessiner ou peindre les objets microscopiques, c'est de prendre exactement les contours, d'ombrer à l'estompe avec la mine de plomb, de noter les teintes, d'exposer le papier à l'humidité, et, après qu'il a séché, de passer les *aplats* de couleur sur la mine de plomb même, dont on tient compte, lorsque l'on colorie d'après cet essai.

ìres; car la réaction, courant de proche en proche, dessine
is organes que nul instrument au monde ne parviendrait à
isséquer.

612. Lorsqu'en parlant du dessin des préparations anato-
piques, nous nous sommes servi de l'expression de croquis,
'allez pas croire que nous ayons voulu désigner des espèces
e pochades, où l'esprit remplace l'observation, l'élégance du
aît la vérité des contours, et où l'on vise à l'effet sans trop
'égard pour la fidélité de l'image; nous avons encore moins
oulu désigner ces linéaments informes à force d'être inexacts,
ue l'on prend en courant et presqu'au vol, et qu'on livre en-
uite au dessinateur, pour que de ces griffonnages indéchif-
ables il en fasse sortir des figures régulières. La science de
micrographie n'est que trop encombrée de ces produits,
nfants monstrueux de l'abus ou de l'oubli de l'art; jamais
poque n'avait été plus féconde que la nôtre dans ce genre de
aux dessins, qui nous font regretter les gravures sur bois
e nos anciens micrographes. Nous avons droit d'espérer que
terme de ces faciles peintures approche; car on ne doit pas
erdre de vue qu'aujourd'hui l'usage du microscope s'est as-
z répandu pour nous donner des juges en fort grand
ombre; il est passé ce beau temps, où, avec quatre paroles
une vingtaine de brillantes figures, on était cru, faute de
ouvoir être contrôlé, et où l'on obtenait dix mille francs de
écompense, ainsi que la faveur des mille bouches de la re-
ommée, après avoir largement défiguré une dizaine d'organes
n huit jours. On ne travaille plus dans ce but, aujourd'hui
ue tout le monde juge. Il faut renoncer à se jouer de la re-
ommée par des couleurs éclatantes et par des proportions
xagérées; il faut enfin être vrai en micrographie, comme on
est à la vue simple; il faut copier la nature dans ses atomes
ussi fidèlement que dans ses géants; et chaque figure que
on se propose de propager par la gravure, quelque petit
u'en soit l'objet, est un portrait dont ni l'élégance des con-
ours, ni l'éclat des accessoires, ne saurait plus racheter le dé-
aut de ressemblance et la fausseté des tons.

613. On ne doit admettre, au rang des croquis de détail, dont on se propose de former un ensemble, après l'étude complète des objets observés; on ne doit admettre que ceux, dont les contours, sans être purs et d'un seul jet, se superposent cependant avec exactitude sur l'image, et en offrent toutes les dimensions. A cet effet, on mesure l'ouverture des angles, on note les dimensions en longueur et en largeur, les aboutissants d'une ligne, les rapports d'une face, et la région topographique du détail que l'on a ainsi rendu. Sans finir les ombres, on les circonscrit; sans s'occuper des nuances, on marque la couleur par un aplat sur la surface ombrée au crayon; et quand enfin on est sûr de l'exactitude du croquis, on passe à une autre région de l'objet, que l'on étudie de même : car peindre, c'est décrire; dessiner, c'est étudier. Après avoir soumis toutes les régions du corps à une étude semblable, l'artifice du dessin général se réduira à un simple assemblage, dont la mémoire, riche encore du souvenir des rapports, dirigera la marche avec cette sûreté de coup d'œil qui caractérise les vérités démontrées.

614. Après avoir retiré, de l'emploi de la cuve à dissection et de la loupe ordinaire, tout le parti que l'observation raisonnée et patiente est en droit d'en espérer, l'on passe à l'emploi des grossissements supérieurs; c'est après avoir étudié les organes qu'on passe à l'étude des tissus, et qu'on transporte la cuve à dissection sur le porte-objet du microscope. Ici la transparence des objets dispense de la dissection, la coloration par les réactifs fait ressortir et met en évidence des organes que leur transparence confondait avec les tissus ambiants; la lame du scalpel s'effile en pointe d'aiguille, et son usage se borne à écarter les obstacles, à étaler les membranes plissées, à éloigner ou rapprocher l'objet, à le retourner sous différents angles, pour présenter ses diverses faces à l'objectif, enfin à amener la goutte de réactif sur la goutte soumise au microscope. Quant à diviser, pourfendre, couper, comme

n le fait dans la dissection en grand, il est des êtres vivants 'une telle ténuité, que la pointe la plus effilée les recouvrirait n entier, et que le tranchant le plus acéré les écraserait et les platirait, au lieu de les pourfendre.

615. Que si l'espèce que vous observez est d'un calibre tel u'elle se laisse saisir par la pince, et qu'à la loupe on puisse en iviser les parties avec la pointe du scalpel, n'allez pas vouloir e la disséquer qu'à des grossissements considérables : c'est t une gloutonnerie d'ampliation, si je puis m'exprimer ainsi, ui dénote un observateur novice ou incapable. C'est afin de oustraire nos lecteurs à la tentation de cette prétention vers impossible, que nous avons totalement supprimé ces pinces légantes, qui, placées sur le porte-objet des microscopes omposés, y restent comme pour piquer la main qui n'a jaais à s'en servir; nous avons même débarrassé la platine, n l'élevant au rôle de table de laboratoire, des reliefs et des ngles qui n'étaient là que pour l'élégance, ainsi que de tous es accessoires, qui, ne servant que le trentième jour du mois, ont d'une embarrassante inutilité pendant les vingt-neuf utres.

616. Il est difficile, en général, de transporter avec succès, ur le porte-objet du microscope, un petit objet qu'on a distingué sous la loupe; il se plisse ou se roule dans le trajet; s'il est plongé dans un liquide, il semble éviter la pointe qui herche à l'atteindre; on ne le saisit qu'en le pinçant, ce qui n altère les formes, et on ne le dépose qu'en l'écrasant. Si n l'observe à sec, il suffit, à la vérité, d'humecter d'un peu le salive la pointe de l'aiguille, pour l'enlever par adhérence t le déposer, sans le déformer, dans la goutte d'eau, qui l'atire à soi; mais la plupart des organes perdent de leurs prinipaux caractères en se desséchant, et ne les reprennent plus n s'humectant de nouveau d'un liquide. Le microscope double (pl. 5, fig. 1) a été organisé, dans le but d'éviter ces contrariétés et ces accidents, qui fatiguent la patience, alors qu'ils ne font pas perdre tout-à-fait l'occasion. Le porte-objet qui

sert à la dissection par la loupe, étant le même que celui qui doit servir à l'observation microscopique, tout ce qu'on a préparé reste en place, et l'on n'est point exposé à perdre dans le trajet le fruit d'une préparation longue et minutieuse. C'est un avantage dont les constructeurs ont reconnu le mérite, depuis la première publication de notre ouvrage, et que les observateurs apprécieront de plus en plus, à mesure qu'ils auront contracté l'habitude de l'instrument que Deleuil a consenti à construire sur ce modèle.

617. On transporte les infusoires, du vase dans lequel ils vivent en nombreuses myriades, sur le porte-objet, au moyen du PLONGEUR en verre (pl. 3, fig. 19), tube de petit calibre qui se termine par une cloche (β). On remarque la région où nage le petit animalcule, à travers le bocal du liquide qui le renferme, on descend le PLONGEUR jusqu'au-dessus de ce point, en ayant soin de boucher avec le doigt l'orifice supérieur (α) du tube. Dès qu'on aperçoit que l'animalcule est dans l'axe de la cloche, on écarte et l'on replace brusquement le doigt sur l'orifice (α); la goutte de liquide que la pression de l'air a eu le temps de faire monter dans la cloche (β), y entraîne avec elle l'insecte, que l'on transporte ainsi comme dans un vase fermé. Mais pour ne pas inonder le porte-objet, d'une quantité de liquide, qui ne ferait que soustraire plus long-temps l'animalcule aux recherches de l'observateur, on a la précaution de la déposer préalablement dans un verre de montre, où on la reprend sous un moindre volume, pour la placer au porte-objet. Moins la goutte employée est considérable, et plus on rend faciles les observations. Lorsqu'on a reconnu que l'animalcule se trouve dans la gouttelette transportée, on la recouvre d'une petite lame de verre (574), si l'on n'a à se servir que de faibles grossissements, et d'une feuille de talc, si l'on s'attend à faire usage des grossissements supérieurs. Malgré les petits défauts que l'on rencontre presque toujours dans les feuilles de talc, défauts, du reste, dont on tient compte, c'est encore la substance que nous préférons, à cause

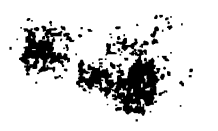
de la minime épaisseur sous laquelle on peut l'obtenir. On recouvre la gouttelette, d'une lame transparente de verre ou de talc, non seulement pour prévenir l'évaporation du liquide et en tenir la surface à la distance des objectifs, mais encore afin de donner au milieu dans lequel le corps observé est plongé, ce parallélisme des deux surfaces, propre à laisser passer les rayons lumineux qui leur arrivent perpendiculairement, sans leur faire subir la moindre déviation (392). Toutes les fois, au contraire, que la gouttelette est abandonnée à elle-même, elle s'arrondit en lentille, et offre sur les bords une ombre assez étendue, sous laquelle l'objet disparaît ou se déforme.

618. Tout étant ainsi disposé, on procède à l'étude du corps; et cette étude en petit n'en doit pas moins être longue, consciencieuse et raisonnée. Il ne faut pas perdre de vue qu'aujourd'hui ces observations ont des juges, et que l'opinion publique est devenue compétente à juger; elle ne se laisse plus prendre ni au prestige des couleurs de fantaisie, ni à l'élégance du métier, ni au format colossal des planches; elle veut du vrai, du vrai sans fard et sans stratagème. Gardez-vous donc bien de suivre les traces de ce dessinateur, dont on a voulu à tout prix faire un observateur, qui, avant d'avoir rien vu, avait soin de dessiner, de désigner par un solécisme grec ou latin, et même de peindre ce qu'on devait voir, et qui n'en faisait pas moins circuler ses peintures, alors que rien de ce qu'il avait peint ne pouvait être vu. Pour soutenir et défendre des réputations obtenues à ce prix, toute la puissance des moyens occultes ne saurait suffire : car la puissance de l'autorité académique échoue à la tâche. Ne dessinez que ce que vous avez vu, bien vu, plus d'une fois vu, et ne le dessinez qu'avec les détails et les dimensions de l'image; car on s'expose autant à mentir, en exagérant les dimensions, qu'en altérant les contours et les formes. Il est des illustres auteurs, qui, pour effacer le souvenir des découvertes, qu'il ne leur était plus permis de contester, et qui, pour n'avoir plus à les

attaquer, ont cru se les approprier, en allongeant outre mesure les organes, et en donnant un pouce carré à chaque petite cellule; ce stratagème a été si innocent que, pour faire parler de l'œuvre, il a fallu payer les citations encore plus cher que les éloges; et toutes ces délicates fleurs du langage académique n'ont duré que ce que durent les roses : l'espace d'un matin.

619. N'allez pas non plus perdre votre temps à reproduire, sous de nouveaux traits, des êtres qui ont été cent fois reproduits par la gravure; ne perdez pas votre temps à refaire ce qui a été une fois bien fait. Ne couvrez pas les planches que vous publiez, de détails anatomiques qui sont communs à tous les êtres du même règne; ne couvrez pas des décimètres carrés par des cellules et des vaisseaux qui se font de souvenir, dont on demande la symétrie au compas plutôt qu'à l'observation; joli treillage qu'on embellit encore avec un aplat de carmin ou avec du vert de vessie. Dessinez, dans l'intérêt de votre instruction, tout ce que vous rencontrerez pour la première fois; car pour conserver d'aussi petits objets, on n'a d'autres préparations anatomiques que le dessin. Mais ne publiez que ce qui sera nouveau pour la science; vous ne publierez peut-être qu'une planche en six mois; mais elle durera toute la vie, faveur que la fortune a oublié d'allouer à bien des travaux académiques; les micrographes de ce pays nous ont tellement mis en suspicion, que nous n'osons presque plus les citer de confiance, eux qui se citent si souvent entre eux; il y a presque toujours cent à parier contre un, que ce qui s'annonce avec tant de fracas, par de pareilles trompettes, est un nouveau coup de pied donné à la nature, et une observation à réfuter. Vous en jugerez par vous-même, et vous ne tarderez pas à reconnaître qu'en tout ceci nous n'avons rien exagéré.

620. Pour bien voir, il faut long-temps regarder; il faut



acclimater sa vue à cette lumière artificielle, se familiariser avec ces tons transparents, ces ombres réfractées, ces jours vus de face et éclairés par le milieu; avec ces nappes horizontales, sur lesquelles l'œil se promène sans obstacle, où tout scintille, où rien ne réflète, dont les accidents ont l'air de tout autant de taches noires, dont les plans semblent perforés par la lumière, enfin dont les reliefs s'établissent par le calcul optique, et ne se distinguent point par le jeu du *clair-obscur*.

621. Demandez donc au tracé graphique, au raisonnement et aux réactifs, l'explication des effets de la lumière; et par la connaissance de ces effets, apprenez à reconnaître la nature et la forme réelle des organes.

622. Commencez par mesurer l'image dans toutes ses dimensions (510); placez sur votre papier des points à tous les angles de la figure qui s'y dessine; tracez ensuite vos contours; et voyez si l'image se superpose exactement sur la figure. Occupez-vous après des détails de la surface, qui ont aussi leurs contours spéciaux; ne passez à l'ombre, qu'après avoir achevé votre esquisse, et n'ombrez pas arbitrairement; les ombres de la réfraction ont aussi leurs mille nuances et leurs mille reflets; sous ce rapport, c'est un long portrait à faire que de dessiner un grain de fécule de $\frac{1}{2}$ de millimètre (pl. 6, fig. 3), à un simple grossissement de 150 fois.

623. Ne prenez pas des bosselures pour des cellules, des bulles d'air emprisonnées dans le tissu pour des organes, des plis pour des fentes ou pour les anastomoses d'une vascularité, que du reste vous pourriez faire varier de mille manières par la pression seule; ne placez pas, dans l'intérieur d'un corps, un accident qui est au-dessous, et que l'on aperçoit par transparence; n'établissez pas qu'un animalcule pénètre dans un œuf transparent, quand vous le voyez passer par dessous cet organe; ni qu'un infusoire avale et digère les molécules

colorées, qui se fixent sur la surface de son corps. La micrographie est encombrée de pareilles illusions, que les compilations recueillent le lendemain de l'annonce académique, et qu'on n'efface des pages de la science qu'après dix ans de discussion (*).

624. Observez les effets de la réfraction sur toutes les faces de l'objet, si vous voulez arriver à en reconnaître exactement la forme générale. Si l'animal a des mouvements trop brusques et nage trop rapidement, on limite sa course, et l'on ralentit son mouvement, en recouvrant la gouttelette d'une lame de talc. Si l'objet est inerte et immobile, on lui imprime des mouvements favorables à l'observation, en imprégnant l'eau qui le renferme, avec une larme d'alcool ou d'éther; il s'élève d'abord une tempête microscopique, à laquelle succède une agitation plus régulière, à mesure que l'évaporation se ralentit.

625. Des êtres organisés étudiez l'histoire : il est des organes qui ne se dessinent bien qu'à une certaine époque, et à certains âges; l'ovaire et ses dépendances à l'âge adulte; l'anus à l'instant de la défécation; le canal intestinal pendant l'acte de la digestion; la bouche à celui de la déglutition; l'organe respiratoire se révèle par les divers courants qu'il détermine dans le liquide, toutes les fois qu'il est en fonction. Quant aux corps inorganiques, étudiez-en les angles et la forme par le jour et les ombres, et la nature, par l'emploi des réactifs qui vont faire l'objet des chapitres suivants.

626. Mais comme l'étude de l'histoire naturelle doit être

(*) Le procédé le plus expéditif, pour dessiner ou peindre les objets microscopiques, c'est de prendre exactement les contours, d'ombrer à l'estompe avec la mine de plomb, de noter les teintes, d'exposer le papier à l'humidité, et, après qu'il a séché, de passer les *aplats* de couleur sur la mine de plomb même, dont on tient compte, lorsque l'on colorie d'après cet essai.

comparative, tout aussi bien dans ses infiniment petits, que dans ses infiniment grands, on sentira plus d'une fois, dans le cours d'une série de recherches, la nécessité de pouvoir conserver l'objet que l'on trouve sous ses yeux, pour l'avoir à sa disposition et sous la main, dans une occasion favorable. On se procure cet avantage par les procédés suivants. On filtre une dissolution de gomme arabique, pour la débarrasser de toutes les impuretés qui en altèrent la transparence; la substance soluble de la fécule obtenue par de nombreuses filtrations, remplacerait la gomme arabique avec une supériorité marquée, à cause de sa grande pureté et de sa complète solubilité. Quoi qu'il en soit, on amène la dissolution à la consistance à demi sirupeuse, en laissant évaporer soit par l'ébullition, soit par l'exposition prolongée à l'air atmosphérique, dans un bocal couvert d'une gaze; et l'on conserve cette dissolution dans une éprouvette à patte fermée d'un bouchon de liége. Dans une autre éprouvette du même genre, on dépose une dissolution alcoolique d'une résine limpide. On se sert de la dissolution gommeuse pour emprisonner les corps humectés ou imbibés d'eau; on se sert de la dissolution résineuse pour emprisonner les corps gras et en général les corps secs, tels que les cristaux. Enfin, on emploie l'une ou l'autre de préférence, selon qu'on veut obtenir des effets plus ou moins prononcés de réfraction, et donner plus de relief à l'image de l'objet observé, par la différence du pouvoir réfringent du menstrue.

627. En conséquence, on dépose le corps observé sur une petite lame de verre plus longue que large, et d'une convenable épaisseur; on le recouvre d'une couche suffisante de la substance gommeuse ou résineuse; on s'assure que celle-ci ne renferme point ou presque point de bulles d'air; on applique alors une lame de verre très mince (617) ou même de talc, sur la couche liquide. Après l'évaporation complète du menstrue, les deux lames du porte-objet et du couvercle se trouvent collées ensemble par la gomme ou la résine, et elles ne

forment plus qu'une seule et même lame transparente, dans la substance de laquelle serait emprisonné l'objet, comme dans un silo. On écrit le nom spécifique et les dimensions sur une petite bande de papier, que l'on colle sur l'une des extrémités de la grande lame de verre. On peut se créer ainsi des collections nombreuses d'objets microscopiques, pour tous les genres de grossissements.

628. Dans la comparaison qu'on aura plus d'une fois à faire, entre son observation et les observations d'autrui, entre l'image qu'on aura dessinée à son microscope, et les dessins publiés par d'autres auteurs, il faudra de toute nécessité tenir compte de la différence des instruments. En effet, les effets d'optique varient selon l'espèce de combinaison de verres adoptés, selon la différence des courbures données aux lentilles combinées, et selon la masse de lumière que le microscope laisse parvenir sur l'objet, et partant selon la courbure du miroir réfracteur et le diamètre du diaphragme par lequel arrive la lumière. Sous ce rapport il est impossible de trouver deux microscopes différents, qui donnent exactement les mêmes effets d'optique, alors même qu'ils seraient tous les deux construits avec une égale habileté. Il en est en effet du microscope, comme du jour, sous lequel nous observons les objets en grand; il varie à toutes les heures de la journée; et nous nous gardons bien de prononcer, que le paysage, qui s'étend devant nos croisées, ait changé de physionomie et d'accidents, parce que nous le contemplons revêtu de plus ou moins de lumière. De même gardons-nous d'accuser d'infidélité un dessin, parce que nous le trouverons plus ou moins ombré, plus ou moins accidenté, que le nôtre. Gardons-nous tout autant de prononcer qu'un microscope composé soit moins bon ou meilleur que le nôtre, parce que l'objet s'y présente avec des accidents de lumière, que celui dont nous nous servons ne reproduit pas. Ne perdons jamais de vue, que quelque perfection qu'on apporte à la confection d'un mi-

croscope, il est de l'essence de sa construction d'altérer toujours un peu l'image, dans un sens ou dans un autre (424). C'est à l'induction de tenir compte de cette circonstance, de l'évaluer, à l'égard du microscope, dont on se sert habituellement, afin d'en faire la part avec exactitude, dans l'examen comparatif des figures publiées d'après un microscope différent.

CHAPITRE IV.

SOLUTION ET DISSOLUTION EN PETIT (26).

629. La solubilité et l'insolubilité étant un caractère du premier ordre, surtout en chimie organique; et la suspension des molécules d'un corps étant susceptible de simuler une dissolution, le seul instrument qui nous permette de décider les questions de ce genre, est certainement le microscope; puisque par son emploi nous pouvons aborder les dernières parcelles de la division mécanique; aussi depuis l'introduction de cet instrument dans les études positives, est-on revenu d'une foule d'idées fausses, qu'on s'était faites en grand, en confondant la suspension avec la dissolution.

630. Et pour ces sortes d'essais, c'est quelquefois de trop qu'un tube de verre (pl. 3, fig. 23 α), ou qu'un verre de montre. La simple cavité (pl. 5, fig. 8, 9, 10, *sp*) d'un *porte-objet à réactif* suffit. Une parcelle de substance, grosse comme la tête d'une épingle, est encore trop considérable pour un vase, où une goutte de menstrue devient un océan.

631. A cet effet, on essuie avec soin les surfaces des deux lames du porte-objet (486), qu'on doit appliquer l'une contre l'autre; on enduit l'une d'elles d'une couche inappréciable de salive ou d'un corps gras; on applique les deux lames par leurs deux extrémités, on les fait glisser l'une contre l'autre

en les pressant fortement entre les doigts, et on amène ainsi la lame qui sert de couvercle, jusqu'aux deux tiers environ de la cavité (*sp*) de l'autre; on dépose la parcelle de substance au fond de ce vase à deux valves, en tenant les lames perpendiculaires, l'ouverture en haut. On verse doucement le dissolvant, jusqu'à ce qu'il déborde, et on achève de recouvrir la cavité, en faisant glisser brusquement la lame recouvrante, de manière à ne laisser pénétrer aucune bulle d'air dans l'intérieur. Par une suite de mouvements de va et vient, on achève de rendre l'adhérence des deux lames aussi parfaite qu'il est possible; on essuie l'appareil, et on a alors un vase hermétiquement fermé, que l'on peut soumettre à l'observation microscopique la plus prolongée.

632. Lorsque le dissolvant est une substance corrosive, on a soin de tenir les deux lames entre deux linges grossiers; car nous avons fait observer que, pour emprisonner la substance sans mélange de bulles d'air, il faut que le liquide déborde le vase. Les bulles d'air en effet seraient un obstacle à la vision (582).

On a la précaution d'enduire les surfaces des deux lames, avec un corps qui soit inattaquable ou moins attaquable par le menstrue qu'on se propose d'emprisonner dans la cavité; et lorsque l'opération est terminée, et que les deux lames sont exactement appliquées l'une contre l'autre, on en revêt les joints avec le même corps, afin de prévenir la fuite du menstrue et l'introduction de l'air, par les lacunes que les surfaces les mieux polies et les plus fortement usées l'une contre l'autre, ne laissent pas que d'offrir sur une assez grande portion de leur longueur. Ainsi l'enduit dont on se sert est de la salive, si le menstrue est éthéré, alcoolique, ou un de ces acides qui coagulent l'albumine; c'est de l'huile ou une substance grasse, si le menstrue est aqueux, etc., etc. Avec ces précautions on peut conserver indéfiniment ces sortes de dissolutions, ainsi que les insectes ou les petites préparations anatomiques, qu'on se propose d'étudier ou de montrer plus tard (627).

633. Les dissolutions que l'on opère en grand doivent toutes passer par l'inspection microscopique; on se contente alors de déposer une goutte de liquide sur le porte-objet au moyen d'une baguette de verre; et pour préserver l'objectif des vapeurs qui se dégagent du liquide, on recouvre la gouttelette d'une feuille de talc. On peut, de cette manière, non seulement distinguer une simple suspension d'une apparente dissolution, mais encore suivre dans toutes ses phases les effets du refroidissement.

634. Il est des cas où il importe d'étudier l'influence de la chaleur sur une substance donnée, et d'assister, pour ainsi dire, aux phénomènes les plus intimes de l'ébullition. Nous avons fait construire dans ce but deux formes d'appareils, l'un pour le *microscope simple*, et l'autre pour le *microscope composé*.

635. Pour le microscope simple, on remplace le *porte-objet* ordinaire par le *porte-chaudière* (*p*, fig. 21, pl. 3), dont on introduit la queue (*q*) dans la queue d'aronde de la monture à crémaillière. On remplace le miroir réfracteur par une lampe à esprit-de-vin; et pour qu'on puisse éloigner la flamme ou la rapprocher à volonté, on tourne le microscope en dehors de la boîte qui le supporte. La petite chaudière où doit s'opérer l'ébullition ou la décoction (pl. 3, fig. 21, *ch*) est un vase de verre soufflé, aplati supérieurement, convexe inférieurement, et terminé de chaque côté par deux tubes ouverts, comme par deux cornes (*c*), qui sont destinés à porter les vapeurs loin des yeux de l'observateur. On introduit dans sa capacité un peu de coton écru ou d'amiante, selon le liquide dont on doit se servir; on la remplit de liquide, de telle sorte que nulle bulle d'air ne puisse se loger sous la surface supérieure du vase; et l'on amène cette surface au foyer de la lentille dont on veut faire usage, jusqu'à ce qu'on aperçoive la couche du liquide et quelques fibrilles de coton. On approche alors de loin en loin la flamme de la lampe, pour échauf-

fer le verre graduellement. La flamme éclaire l'objet tout en échauffant le liquide. Or il arrive un instant où l'un des corps microscopiques, dont on étudie l'histoire, vient s'embarrasser entre le feutre de deux ou trois fibrilles de coton, qui le retiennent avec une opiniâtreté favorable à l'étude, contre tous les mouvements de l'ébullition. On doit recommander au souffleur (362), de donner à la panse du vase, les plus petites dimensions que son art lui permette d'atteindre, et de rendre la surface supérieure, celle contre laquelle s'applique la lentille, aussi unie, aussi pure et aussi aplatie qu'il le pourra; c'est là la surface essentielle du vase; on doit peu s'inquiéter des défauts que peuvent présenter les autres. Si l'on avait à craindre pour soi-même les effets de l'évaporation du liquide, on allongerait les deux cornes (*c*) du vase, au moyen de longs tubes de verre, qu'on unirait à celles-ci par le caoutchouc, et qu'on soutiendrait sur les deux supports (fig. 6 et 11, pl. 3) de la table laboratoire.

636. Pour le microscope composé, il n'est besoin de remplacer que le miroir (*m*, pl. 5, fig. 1), de tourner la platine en dehors de la boîte, de placer un verre de montre ou une petite capsule de verre (373) sur la platine (*pl*); ce sont là les vases propres à soumettre le liquide à la chaleur de la lampe qui doit servir de foyer et de miroir, qui doit échauffer le liquide et éclairer en même temps l'objet. On enfonce l'objectif (*ob*) dans le manchon (fig. 13) jusqu'au contact du verre, et on plonge l'appareil dans le liquide, jusqu'à ce qu'on ait rencontré le corps, que l'on se propose d'observer, embarrassé dans les fibrilles de coton ou d'amiante, dont nous venons d'indiquer l'usage (635). Il est inutile de faire observer que le diaphragme (*dd*) serait un obstacle à cette opération; on a la précaution de l'enlever. Quoique le manchon de verre ne puisse jamais se trouver sans défaut, car il est soufflé à la lampe, cependant l'acheteur doit exiger que le bouton, qui se forme pendant l'insufflation, soit toujours placé hors du centre, et que la substance du verre offre peu d'épaisseur en cet endroit.

637. Il n'est pas toujours nécessaire du concours de ces appareils, pour se procurer au microscope les moyens d'assister aux phénomènes de l'ébullition du liquide. On peut obtenir ce résultat, en concentrant les rayons solaires sur la cavité du porte-objet, au moyen de la lentille réflective (pl. 5, fig. 6), que l'on dispose à cet effet sur la platine du microscope (456). On peut même alors se dispenser de l'usage du manchon, en superposant un verre de montre, par sa surface convexe, au liquide contenu dans la cavité (*sp*) des porte-objets (pl. 5, fig. 7, 9, 10); il suffit, pour donner une issue aux vapeurs, d'interposer un fragment de verre entre les surfaces des deux verres; mais ce procédé n'est propre qu'aux observations de courte durée, la quantité de liquide, que peut renfermer une semblable cavité, étant trop vite épuisée par l'évaporation.

638. La quantité de substance employée doit être en rapport avec la petite quantité de menstrue, dans lequel on essaie de la dissoudre. Si le fragment était trop gros, il paraîtrait encore insoluble, alors que le liquide s'en serait entièrement saturé. On détermine ces rapports, en cubant, par des procédés micrométriques (491), le fragment de substance, et en jaugeant la capacité du segment de sphère, qui sert de vase à la macération. Il suffit pour cela d'obtenir la corde de ce segment, ainsi que le rayon de la sphère sur laquelle il a été pris. On détermine celle-ci au moyen d'un fil de fer très doux que l'on applique contre la cavité dans le sens de l'arc, et que l'on tourne sur lui-même, pour s'assurer qu'il s'applique également partout; en transportant cet arc de fer sur le papier, il est facile au compas de compléter le cercle. On peut établir, par ces deux procédés, les rapports au moins approximatifs des quantités de menstrue et de substance employées à la dissolution.

639. Lorsqu'il s'agit des tissus organisés, il ne faut pas juger de l'insolubilité ou de la solubilité de la substance, par le changement de volume : car la charpente du tissu étant inso-

luble dans la plupart des menstrues, paraît n'avoir rien perdu de ses formes et de ses dimensions, alors qu'elle a cédé au dissolvant tout ce que recélaient ses mailles. En effet, le menstrue remplaçant la substance, ou pénétrant avec elle dans toutes les cavités, les cellules paraissent tout aussi distendues à la fin qu'au commencement de l'opération. C'est en sortant le tissu du menstrue, et en l'abandonnant à la dessiccation, qu'on s'assure de ses pertes.

640. Il est des corps qui exigent moins de temps pour se dissoudre, et dont on peut reconnaître la solubilité en les déposant, sans autre précaution, sur la gouttelette soumise à l'observation microscopique. Il faut toujours commencer par là, et n'avoir recours aux procédés précédents, que pour les corps que celui-ci a trouvés insolubles; on aurait tort de se prononcer sur l'insolubilité d'un corps, parce qu'il aurait semblé ne rien céder au liquide, pendant un si court espace de temps.

641. On reconnaît que la dissolution s'opère, lorsqu'on voit des stries s'échapper, des bords de la substance dans le menstrue, avec la couleur de la substance, ou seulement avec un pouvoir réfringent différent de celui du liquide (579). Ce joli phénomène produit quelquefois au microscope tous les effets de ces cils illusoires, que l'on désigne sous le nom de *cils vibratiles* des animalcules microscopiques. L'huile dans l'acide sulfurique, le camphre dans l'alcool, présentent ce spectacle instantanément; on voit la gouttelette d'huile et le fragment de camphre se border de petits cils qui se montrent et disparaissent, et impriment au liquide des mouvements giratoires, lesquels finissent par enlever des larmes ou des globules à la substance, et par les entraîner dans leur tourbillon. L'explication du phénomène doit être, en petit, la même que pour les remous en grand; c'est un simple effet hydraulique. En effet, lorsque, par suite de l'affinité réciproque de la substance et du menstrue, une molécule de la première s'échappe pour s'unir à une molécule du second, celle-ci augmente de

volume, et doit déplacer, par conséquent, la molécule qui vient après lui. Le mouvement imprimé au liquide par ce déplacement sera d'autant plus rapide que la dissolution sera plus instantanée; et comme chaque molécule ainsi lancée dans le liquide ne saurait obéir à l'impulsion, qu'en suivant des résultantes, il suit des lois hydrauliques qu'elle doit revenir au point d'où elle était partie, et cela en décrivant un cercle, dans le cas où le courant qui l'entraîne ne trouve pas une pente pour s'échapper. Or au microscope les courants circulaires sont d'autant plus distincts, qu'ils entraînent avec eux plus de globules insolubles ou indissous.

642. Mais le liquide ne saurait être déplacé par la molécule qui se dissout, sans que le fragment de substance n'éprouve une impulsion contraire; car la pression exercée par la nouvelle molécule s'exerce dans tous les sens. Si donc le fragment n'est ni trop lourd, ni attaché par agglutination à la surface du verre du *porte-objet*, et surtout si, par sa légèreté spécifique, il vogue à la surface du menstrue, il obéira à son tour au mouvement de répulsion imprimé par chaque molécule qui s'échappe de sa substance, et on le verra tourner et pirouetter sur lui-même, monter, descendre, avancer ou reculer, selon que la dissolution s'opèrera plus rapidement par l'une que par l'autre de ses surfaces, et dans le sens de l'une plutôt que de l'autre de ses dimensions. Chacun a dû remarquer en grand ces effets de la dissolution, sur les gros fragments de sucre poreux, que l'on dépose dans un verre d'eau.

643. Ce spectacle est bien plus piquant au microscope, lorsque l'effervescence accompagne la dissolution; lorsque, par exemple, on fait dissoudre des petits fragments de craie dans un acide étendu d'eau. L'acide carbonique de la craie, en effet, chassé par l'acide fixe, s'échappe en bulles de gaz (pl. 8, fig. 12 *a'*) qui se succèdent et disparaissent avec la rapidité de l'éclair, et font pirouetter d'autant le fragment sur lui-même; ces bulles, en effet, en s'échappant, repoussent

autant le liquide que le fragment de carbonate. Tout cela se représente également en grand, mais on n'y fait pas attention; et tout cela paraît une merveille au microscope, si l'on ne s'applique pas à interpréter ce qu'on voit en petit, d'après les règles qui dirigent notre jugement dans nos observations en grand.

644. En soumettant successivement la même substance à l'action de divers menstrues, on arrive à se convaincre que bien des corps microscopiques, qui ont été pris pour des tissus ou des organes, ne sont que des globules insolubles dans l'eau, mais solubles dans d'autres menstrues; et que bien des substances, qui ont été considérées comme étant solubles en toutes proportions dans un liquide, ne font qu'y entrer en suspension. Mais pour arriver à des résultats certains, dans toutes ces vérifications, il faut procéder en petit avec la même rigueur qu'en grand, et ne rien établir à la légère. N'allez pas (*) décider que des petits corps, qui flottent sur l'eau, sont insolubles dans l'alcool, parce qu'après avoir versé une goutte d'alcool sur l'eau, vous les aurez retrouvés insolubles; car une substance soluble dans l'alcool, ne l'est pas dans l'alcool étendu d'eau. Attendez au contraire que l'eau se soit évaporée, et ait abandonné à sec les globules sur le porte-objet, pour emprisonner vos petits objets dans l'alcool anhydre ou au moins à 40°; s'ils s'y dissolvent en entier, ce n'étaient pas des organes, mais bien des gouttelettes isolées de résine ou d'huile. Et ces méprises arrivent encore tous les jours même à nos physiciens, qui commencent à s'occuper de l'observation microscopique; à l'instant où nous écrivons cette page, on présente à la haute sanction de l'académie un *quiproquo* de ce genre; il est donc tout aussi nécessaire aujourd'hui, qu'il y a près de dix ans, d'entrer dans quelques détails sur les moyens de distinguer les globules indissous des organes globulaires insolubles, ainsi que sur les causes qui peuvent

(*) *Annales des sciences d'observation*, tome I, page 252. 1829.

arranger en globules les parcelles de substance que le liquide, dans lequel on les observe, divise, mais ne dissout pas.

645. Toute substance liquide insoluble dans un autre liquide, mais d'une moindre densité, s'y arrange en lentilles lorsqu'on l'y divise par l'agitation; tout le monde a reconnu cet effet de l'agitation sur l'huile ordinaire, c'est une loi de la capillarité. Par le repos, on voit toutes ces petites lentilles se rapprocher, se réunir en lentilles d'un plus grand diamètre, et former ensuite une couche qui peut s'étendre d'un bord du vase à l'autre, si le nombre de ces lentilles est assez grand, et si la substance est de composition, et par conséquent de densité homogène.

646. Mais il arrive des cas, et ils sont fréquents dans l'étude des corps organisés, où ces molécules indissoutes possèdent des densités différentes, en sorte que les unes peuvent rester, plus long-temps que les autres, à différentes profondeurs. Dans ce cas, ces molécules s'arrangent en globules parfaitement sphériques, qui réfractent tellement les rayons lumineux, qu'ils en apparaissent noirs avec un petit point lumineux au centre; si le diamètre de leur image ne dépasse pas un millimètre, au grossissement dont on se sert, ils jouent le rôle d'autant d'organes qu'aurait isolés le déchirement du tissu. Or, la différence de densité, dont chacun de ces globules donne des signes, par la profondeur du liquide à laquelle il s'arrête en suspension, cette différence leur vient d'un mélange ou d'un menstrue, et de ce que chacun d'eux renferme une quantité différente de la substance qui lui est étrangère.

647. Ne décidez donc pas que les globules, que vous voyez flotter dans le liquide soumis à l'objectif du microscope, sont des organes; mais faites-en l'analyse, avant de vous prononcer sur leur nature et leur origine; et vous reconnaîtrez, dans un grand nombre de cas, que ces prétendus organes ne sont qu'un précipité globulaire d'albumine, de gluten,

d'huile essentielle, ou de résine liquide. Les expériences suivantes mettront le fait dans toute son évidence.

648. Versez une goutte d'eau distillée dans l'eau de Cologne, qui, comme on le sait, n'est qu'une dissolution alcoolique de [illegible]ses essences végétales, et tout-à-coup la liqueur deviendra laiteuse (116) à l'œil nu; et au microscope on y verra se mouvoir, avec la rapidité de la tempête, si on observe en vase ouvert (598), des myriades de globules de même diamètre et de même pouvoir réfringent, mais dont la grosseur variera en raison des quantités respectives du menstrue, des huiles essentielles, et de l'eau qui les précipite.

649. Il en sera de même de toute dissolution alcoolique ou éthérée de substances liquides, qu'on cherchera à précipiter au moyen de l'eau; on croirait, à la première vue, et tant que la gouttelette microscopique n'est pas évaporée, on croirait avoir devant soi des myriades de *monades* s'agitant avec une vélocité inaccoutumée. Mais en laissant évaporer le liquide, et lorsque tous ces globules se sont attachés à la lame de verre, on s'assure de nouveau qu'ils ne sont rien moins qu'organisés, en les recouvrant d'une nappe d'alcool ou d'éther; ils disparaissent en effet alors presque tout-à-coup à la vue.

650. Toute substance qui se précipite (110) à l'état liquide, d'un menstrue qui la tenait auparavant en dissolution, prend la forme globulaire; et les globules sont d'autant plus analogues entre eux par la forme et le diamètre, que la précipitation se fait avec plus de régularité.

651. Dissolvez de l'albumine de l'œuf dans l'acide hydrochlorique concentré, le liquide prendra successivement une teinte purpurine et violette, si l'on opère dans un flacon bouché à l'émeri et qu'on abandonne le mélange plusieurs heures à lui-même. Exposez alors dans une capsule de verre la portion liquide de la dissolution, à l'évaporation spontanée, et vous ne tarderez pas à voir le fond du vase se cou-

vrir d'une couche poudreuse, blanche, qui, observée au microscope, ne se compose que de jolis globules blancs sphériques et d'un égal diamètre ; ce sont des globules d'albumine, qu'une nouvelle addition d'acide hydrochlorique redissoudra de nouveau. Tout autre menstrue volatil, dans lequel l'albumine est soluble, l'abandonnerait sous les mêmes formes, en s'évaporant, pourvu toutefois que l'évaporation eût lieu avec la régularité de l'évaporation de l'acide hydrochlorique.

652. Le gluten ou albumine végétale présente les mêmes phénomènes, si on abandonne à l'évaporation l'acide volatil ou l'ammoniaque qui le tenait en dissolution. Le liquide en devient laiteux, par la formation d'innombrables globules d'égal diamètre, qu'on prendrait de prime abord, pour tout autant d'organes et même de monades en mouvement, lorsqu'on les observe au microscope.

653. La forme et les dimensions de ces globules varient dans le même liquide, lorsque leur substance est un mélange de deux ou trois substances différentes. C'est ainsi qu'ayant dissous un mélange de sucre et d'huile dans l'alcool concentré et bouillant, il se produisit par le refroidissement un précipité en apparence sirupeux, et qui, observé au microscope, ne se composait que de beaux globes limpides, parfaitement isolés, quoiqu'en contact les uns avec les autres, et dont les dimensions variaient depuis $\frac{1}{15}$ jusqu'à $\frac{1}{100}$ de millimètre en diamètre. Une larme de ce dépôt placée au foyer du microscope, avait l'air d'un tissu cellulaire à cellules distinctes et presque désagrégées, toutes d'une parfaite limpidité et se superposant comme le font les globules de fécule de la plus belle espèce.

654. Quelquefois ces grands globes produits par la précipitation, sont des espèces d'agrégats de plusieurs autres globes d'un moindre diamètre ; en sorte qu'ils apparaissent alors, comme des cellules grossies de plus petites cellules, et analogues aux cellules vertes, qui se désagrègent dans l'eau, par le déchirement du tissu des feuilles grasses (pl. 6, fig. 20).

655. Or, nous pourrons rencontrer toutes formées d'avance, dans l'étude d'une dissection microscopique, les circonstances que nous faisons naître à volonté par les procédés précédents; et comme nous en ignorerons l'origine, nous serons exposés à prendre et à dessiner, ainsi que tout autant d'organes, les simples formes d'une précipitation. Cette méprise a été consignée plus d'une fois dans les livres, avec tout l'appareil d'une vérité et d'un fait sagement observé. C'est dans ce cas surtout que l'analyse chimique doit venir en aide à la dissection, et en éclairer la marche, ainsi que les inductions.

CHAPITRE V.

ÉTUDE DES RÉACTIONS EN PETIT (46).

656. L'art d'opérer en petit n'est pas seulement un art économique, c'est un art méthodique; la méthode, en effet, a pour but de multiplier les observations, en abrégeant leur durée, et elle n'aplanit les difficultés que pour rendre plus courte la route qui conduit au vrai; aussi voit-on les chimistes les plus sages opérer tous leurs essais sur des quantités minimes; et les récipients dont ils font usage le plus fréquemment ne dépassent pas le calibre des verres de montre. Un sot, au contraire, craindrait de déroger, s'il n'avait pas à sa disposition, pour la réaction chimique la plus indifférente, des livres de substance, des grandes capsules de platine, et des ballons d'un litre au moins de capacité; aux yeux de cet homme-là on ne fait de la bonne chimie qu'aux frais d'un gouvernement et sous la voûte d'un amphithéâtre; la dignité de l'oxigène et de l'hydrogène serait compromise, s'ils n'avoir, pour se dégager librement, que le coin de la cheminée et l'intérieur de la mansarde; aux yeux du même homme, l'a

ıtomie transcendante est celle de l'éléphant, et elle n'avan-
ra d'un pas de plus qu'alors qu'il nous sera loisible de dis-
quer un mammouth. Donnez à cet homme-là du platine en
ondance, des substances par quintaux, une basilique pour
mphithéâtre et des mammouths à disséquer, puisqu'il ne
ui a été octroyé de voir la nature que sous ce calibre, et
'être heureux qu'en raison du poids et du volume. Pour nous,
'oublions jamais que la nature est la même sous toutes les
imensions; qu'elle n'est ni grande ni petite, qu'elle est vraie;
ue la grandeur est un rapport donné par la structure de nos
rganes, mais que toute vérité est également grande, dès
u'elle est démontrée. Quelle inconséquence que celle d'un
homme, qui s'amuse à peser par la théorie les atomes des
corps, et qui dédaigne les moyens par lesquels on peut en
aborder la molécule! Est-il permis de s'en rendre compte;
i ce n'est en pensant que c'est une inconséquence de com-
mande, qu'on affiche en public par ordre, et dont on a
hâte de se dépouiller en secret et par devers soi? Mais, grâce
à la puissance du vrai, on n'ose presque plus aujourd'hui com-
mander de pareilles inconséquences. La nature subventionnée
n'a presque plus horreur du verre de montre; que dis je? elle
commence à s'en servir sans l'avouer; et elle s'en sert d'une
telle vigueur qu'il lui arrive de nous le casser sur le front, ce
qui, du moins, vu les dimensions des armes, ne saurait faire
beaucoup de mal.

657. Dans toutes les espèces de recherches, arrivez à voir distinctement, et raisonnez juste; peu importe ensuite sous quel volume vous aurez observé.

658. Ici nous portons, sous ce rapport, encore plus loin la hardiesse; nous abandonnons le verre de montre, et nous abordons le porte-objet à réactif; c'est-à-dire que nous étudions la réaction chimique sur un champ d'un peu moins d'un millimètre.

659. La première condition à remplir, dans toute réaction mi-

croscopique, c'est de tenir le porte-objet dans un état de propreté microscopique à son tour, et de n'employer les réactifs, qu'après avoir constaté, au microscope, la nature des impuretés qu'ils sont dans le cas de contenir; sans cette précaution, on s'exposerait à prendre des fibrilles de poussière, des débris d'étoffes et du filtre en papier, des filaments de coton, etc., pour des organes nouveaux, ou même pour des produits de la réaction. On place, en conséquence, le réactif en premier lieu sur le porte-objet, on en reconnait la coloration spéciale et le nombre des impuretés. Tous les phénomènes qui s'y montreront, lorsqu'on y aura déposé la substance d'essai, appartiendront dès lors nécessairement à l'action de la substance seule.

660. Que si la substance est attachée à une lame de verre, et en trop petite quantité, pour qu'on puisse impunément en transporter des fragments sur une autre lame, on l'examinera avec soin, pour s'orienter dans l'espace qui renferme l'objet dont on veut étudier la nature, et afin de pouvoir reconnaître ce qui l'entoure, lorsque tout sera déplacé, par suite du mouvement de la réaction; sur un autre porte-objet, on soumet le réactif à la même investigation; et on amène ensuite en contact le réactif et la substance sous l'objectif du microscope, de manière à assister à la réaction, depuis le commencement jusqu'à la fin. On n'écrit et on ne dessine un résultat, que lorsqu'après avoir réitéré, s'il le faut, l'opération, on est parvenu à s'en faire une idée nette; on passe alors à d'autres réactions, en suivant la même marche.

661. Pour amener le réactif sur la substance sous ses propres yeux, on en place une goutte sur la lame du porte-objet, à une distance quelconque de la place qu'occupe la substance. On promène, sous la lentille, la pointe d'une aiguille d'acier ou de platine (pl. 3, fig. 18, *aig*), selon la nature du réactif, jusqu'à ce qu'on ait rencontré le mouvement de la main, capable d'amener la pointe à la hauteur de l'objet qu'on observe,

en ayant soin de ne point heurter celui-ci. On continue la courbe jusqu'à ce qu'on soit arrivé à rencontrer la goutte de réactif, dans laquelle alors on plonge la pointe de l'aiguille; et en suivant la courbe du premier mouvement, on ramène sur la substance la gouttelette du réactif, qui suit, sur la lame de verre, les traces de l'extrémité du fil. Lorsqu'on n'a pas besoin d'employer une si grande quantité de substance, on se contente de tremper l'extrémité de la pointe dans le liquide du réactif, et la goutte qui reste adhérente au métal suffit pour donner une réaction distincte.

662. Si l'on craignait de perdre une occasion rare et presque unique, et qu'on attachât une grande importance à réussir dès la première fois, on disposerait, le long du tube du microscope, un tube de verre du calibre de deux ou trois millimètres, courbé et effilé à son extrémité inférieure; on amènerait celle-ci sur le porte-objet tout auprès de l'objet qu'on observe; on introduirait une goutte de réactif dans l'extrémité supérieure, au moyen de l'entonnoir à mercure (pl. 3, fig. 24); par la force de la capillarité, cette petite fraction de liquide s'arrêterait à l'extrémité effilée; on s'assurerait alors que l'orifice de celle-ci est en regard de l'objet qu'on veut soumettre au réactif; et, tout en ayant l'œil au microscope, on n'aurait qu'à souffler légèrement par l'extrémité supérieure du tube de verre, pour faire arriver le réactif sur l'objet; mais dans le plus grand nombre de cas, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à une manipulation aussi délicate.

663. Lorsqu'on se sert, pour les réactions, des porte-objets à cavités (pl. 5, fig. 9), il suffit souvent d'incliner légèrement la platine du microscope, en calant un des côtés de son support, pour faire couler le réactif sur la substance elle-même; et afin d'éviter que le liquide ne prenne une direction à droite ou à gauche, on aura alors la précaution, soit de l'encaisser dans une espèce de gouttière en cire ou en argile, soit de corroder la

gouttière dans la substance du verre lui-même. Dans le premier cas, il n'est besoin que de placer sur la lame deux petits cordons parallèles de cire ou d'argile, ou même de graisser toute a surface de la lame de verre, à l'exception de celle qu'on veut faire parcourir au réactif.

664. Nous avons ci-dessus décrit les procédés destinés à faciliter l'observation, dans l'emploi des liquides volatils (488).

665. L'effervescence est une réaction dont on peut tirer le plus grand parti au microscope; parce que la gazéification, qui en est la cause, se fait toujours sous un volume reconnaissable, quelle que soit la quantité de substance sur laquelle on opère; car les gaz, par la propriété qu'ils ont de se dilater indéfiniment, et de s'arrondir en bulles dans tout milieu liquide (577), ne sauraient échapper à l'œil qui en observe le dégagement, au moyen de la réfraction.

666. Si, dans un liquide observé, vous remarquez un rhomboèdre ou un bloc opaque de la plus petite dimension, qui reste insoluble, et qu'à l'instant où vous ferez parvenir près de lui une goutte d'acide nitrique ou hydrochlorique, ou acétique, étendu d'eau, il s'en dégage des bulles noires (pl. 9, fig. 8, *f'*), qui disparaissent en s'échappant du liquide, et qu'après la fin de cette effervescence le cristal ait disparu à son tour, vous aurez eu devant les yeux un cristal ou un fragment amorphe de carbonate, qui, dans les tissus et les liquides organiques, est presque toujours calcaire, ce dont on peut s'assurer au moyen d'autres réactions.

667. Si le cristal est soluble, ce sera un bicarbonate ou un carbonate, qui, en chimie organique, est assez fréquemment à base de soude ou de potasse, ce que l'on reconnaîtra encore par d'autres réactions.

668. Si l'on veut constater qu'une cristallisation déposée sur le porte-objet, à la suite de l'évaporation d'un liquide, appartient aux hydrochlorates, à l'hydrochlorate de soude, par exemple (pl. 8, fig. 12, *a*), aux nitrates, aux hydriodates, etc.,

on l'attaquera d'abord par un acide étendu d'eau, qui la dissoudra sans effervescence, et la déposera une seconde fois sous forme de cristaux. Si, au contraire, on amène sur ceux-ci une goutte d'acide sulfurique concentré, tout-à-coup il se produira l'effervescence la plus vive; le cristal détaché de la surface du verre semblera le jouet de cette petite tempête qui émane de son sein, et voltigera dans tous les sens, lancé çà et là par l'acide volatil que l'acide sulfurique élimine, sous forme de bulles gazeuses (a'), en se combinant avec la base du sel.

669. Si la présence d'un alcali caustique, de la potasse, par exemple, produit de l'effervescence dans un liquide, ou détermine, sur un cristal observé au microscope, l'apparition d'une bulle de gaz (577), c'est une preuve de l'existence d'un sel à acide fixe et à base d'ammoniaque.

670. Après l'effervescence, les réactions les plus précieuses au microscope sont celles qui colorent les objets. La solution aqueuse d'iode, qui colore en jaune les tissus, indique que les globules plus ou moins gros, que l'on a sous les yeux, sont des globules de fécule, en les revêtant d'une belle teinte plus ou moins foncée de violet ou de bleu (pl. 6, fig. 2, a). L'indication serait moins précise, si la coloration bleue se manifestait sur le liquide observé, et non sur des tissus; car l'iode colore également en bleu la résine de gaïac et les grains de pollen. L'alcalinité du liquide paralyserait la réaction de l'iode; en sorte qu'on ne doit, en général, se prononcer sur l'absence de ce caractère, qu'après avoir préalablement aiguisé la réaction par un acide, à moins qu'on n'emploie l'iode en grande quantité, ce qui ne s'obtient que par une teinture alcoolique; mais celle-ci serait dans le cas de coaguler certains liquides, de nuire à la vision en produisant des magmas, et même de soustraire la substance féculente à la réaction, en l'enveloppant dans la portion coagulée.

671. Le prussiate ferruré de potasse, aiguisé d'un acide,

colore en bleu les tissus et les liquides ferrugineux, et cette coloration est aussi distincte au microscope qu'en grand, quelles que soient les dimensions de l'objet microscopique.

672. L'acide nitrique colore en jaune les tissus albumineux (pl. 8, fig. 1, *f*) ; l'acide hydrochlorique concentré les colore en purpurin d'abord, et ensuite en bleu (pl. 8, fig. 1, *d*, *e*); l'acide sulfurique les coagule en blanc d'abord, puis les noircit et les carbonise, ainsi que tous les tissus organisés, de quelque nature qu'ils soient, que l'on soumet à son action prolongée; à la longue, il les résout en globules noirs, et ceux-ci en d'autres globules d'une plus faible dimension; il en est de même, à la longue, de l'action de l'acide hydrochlorique concentré et de tous les acides énergiques du règne minéral sur les tissus organisés, à l'exception de l'acide nitrique, qui les transforme en les dissolvant.

673. L'acide sulfurique colore en jaune le sucre, et en couleur brique les huiles.

674. L'acide sulfurique tenant en dissolution de l'albumine ou de l'huile d'olive, imprime, à tout suc saccharin, une magnifique couleur purpurine (pl. 9, fig. 3); l'acide sulfurique tenant en dissolution du sucre, imprime la même coloration et à l'albumine animale ou végétale, et aux huiles; le sucre de canne prend la même coloration par l'acide arsénieux, d'après Elsner.

675. Les alcalis liquides (et au microscope on doit se servir de préférence de l'ammoniaque étendu d'eau), colorent en bleu les cellules de certains tissus naturellement colorées en purpurin. Le plus faible acide minéral ou organique colore en purpurin, les cellules de certains tissus remplis d'une substance colorante bleue.

676. Un liquide acide rougira, par la même raison, le tournesol liquide (54) qu'on amène dans son sein; un liquide alcalin bleuira le tournesol rougi par un acide.

677. Les dissolutions cuivrées coloreront en bleu les tissus qui renferment de l'ammoniaque libre ou en excès.

678. Le muriate de platine exige au microscope une certaine habitude; parce que sa couleur, déjà citrine, peut donner le change, sur la coloration jaune, qu'il doit communiquer à la potasse et à l'ammoniaque. En cristallisant par évaporation, ce réactif seul se colore presque, comme s'il était mêlé à la potasse, et ses cristaux affectent à peu près les mêmes formes que par la présence de cette base; ce sont des lames hexagonales isolées les unes des autres; or comme au microscope la couleur jaune est celle qui admet le moins de nuances distinctes, nous avons, en général, retiré de très faibles indications de ce réactif. Cependant, en procédant d'une manière com[illegible]tive, il sera possible d'en obtenir un parti plus satisfai-

679. Le nitrate d'argent dénotera la présence des hydrochlorates dans la gouttelette microscopique, en troublant la transparence du liquide d'abord, et en se colorant en violâtre, par une exposition prolongée à l'air.

680. Les cellules remplies de cire perdent leur opacité, et se colorent légèrement en jaune par l'ammoniaque, qui ensuite, en s'évaporant, abandonne la cire, sous forme de plaques plus légères que l'eau.

681. Les cellules rendues opaques par la présence d'une résine solide, ou qui réfractent fortement en bleu la lumière par l'huile essentielle ou fixe qui les distend, se décolorent, acquièrent une limpidité toujours croissante, et finissent par s'aplatir tout-à-fait, après un séjour plus ou moins prolongé dans l'alcool, dans l'éther, dans un acide faible, et même dans l'huile d'olive ou autre.

682. Les tissus rendus opaques au microscope, par la présence de cristaux de diverse nature, reprennent leur transparence naturelle dans un acide faible ou énergique, si ces cristaux sont des sels, ou bien dans la solution de potasse, si ces cristaux sont siliceux.

683. Le séjour dans l'eau pure suffit, pour rendre leur transparence aux tissus, dont l'opacité provenait de la pré-

sence du mucilage, de la gomme, de l'albumine liquide, ou d'un sel en état de dissolution.

684. L'alcool, l'éther, au contraire, rendent opaques (*) les cellules remplies d'une gomme liquide ou d'albumine; et ces deux réactifs granulent et plissent les membranes glutineuses et fibrineuses.

685. Toute cellule pleine d'air ou de gaz est noire, lorsqu'on l'observe sous une nappe de liquide.

686. Or, comme les diverses substances organiques se trouvent logées dans des cellules microscopiques, et souvent séparées entre elles par les plus faibles distances, et même [illegible] la simple épaisseur de deux membranes accolées sur leurs parois respectives, il sera aussi prompt que facile, au moyen des réactions microscopiques, de s'assurer de leur présence ou de leur absence dans le sein d'un organe, de mesurer la région qu'occupe chacune d'elles, de peindre enfin aux yeux, par tout autant de couleurs différentes, la topographie du tissu le plus compliqué, comme on colorie une carte géographique.

687. Nous conseillons à toutes les personnes, qui s'adonneront à l'étude de la nouvelle méthode, de se mettre à la recherche des réactions de coloration, dont la liste n'est pas encore très riche; car ce sont les réactions dont la physiologie, ainsi que la chimie organique, peuvent retirer les plus grands avantages.

688. Si de toutes ces réactions microscopiques on n'a obtenu que des résultats négatifs ou équivoques, on aura recours aux réactions par le chalumeau.

(*) Tout objet opaque apparaît noir au microscope, par transmission des rayons lumineux, alors même que, par réflexion, il serait d'une blancheur éclatante.

RÉACTIONS PAR LE CHALUMEAU (347).

Les réactions par le chalumeau s'obtiennent presque par la fusion (44); les réactifs y prennent le nom de ts, et le résultat est une vitrification infiniment petite. Les fondants dont on fait un usage plus fréquent, sont *onate de soude*, le *borax*, le *salpêtre* (nitrate de po- l'*acide borique vitrifié*, le *sel de phosphore* (pho- double de soude et d'ammoniaque), toutes substances :s par la cristallisation et broyées en poudre; la solu- neuse de *nitrate de cobalt*; l'*étain*, le *fer*, le *plomb* à nétallique; l'*oxide de cuivre*; et enfin la poudre de *de roche*.

On prend une parcelle des plus minimes de la substance ı désire reconnaître la nature par l'action des fondants; épose sur une des petites coupelles dont nous avons ırlé (360), qui elle-même est placée sur le charbon fig. 7′, *ch*); on recouvre cette petite parcelle avec la de l'un des fondants ci-dessus, ou on la met en contact ı fragment de l'un des trois métaux; on approche de ı gauche le charbon tout près de la flamme de la lampe g. 7), vis-à-vis de laquelle on amène l'ajutage (β) du ıeau (fig. 8), que l'on tient de la main droite dans une n fixe, en appuyant le coude sur la table ou sur un éta- 'on commence à projeter la flamme sur la coupelle, par ısufflation modérée, que l'on rend graduellement de plus ı intense. Le fondant bouillonne, se concentre, dissout rougit, et si on l'abandonne à un refroidissement solution se prend en un émail, dont les diverses tout autant de signes caractéristiques, affir- s. On en prend note; on dépose à part la on passe à une autre réaction sur une nouvelle le, et au moyen d'un nouveau fondant. On a soin de toutes les indications à la loupe, et même quelquefois roscope. Passons maintenant en revue les substances in-

organiques que l'on rencontre le plus communément dans le règne organique, et dont les fondants sont dans le cas de faire reconnaître la présence sous le plus petit volume.

692. Le CARBONATE DE CHAUX répand au chalumeau, en s'alcalisant, une lumière éblouissante par sa blancheur. On vient d'utiliser ce phénomène pour l'éclairage des phares; on a même tenté d'éclairer les microscopes solaires avec cette lumière artificielle. Les sels calcaires à acides organiques présentent au chalumeau le même éclat. Il faut en dire autant des tissus; c'est ainsi qu'on peut reconnaître la présence de la chaux, dans une simple fibrille de coton, en l'approchant de la lumière blanche de la flamme d'une chandelle; la fibrille se recoqueville, noircit, s'incinère, sans presque se déformer; et c'est alors que les cendres répandent l'éblouissante clarté, qui caractérise la présence de la chaux.

693. La MAGNÉSIE libre ou combinée prend en refroidissant, une belle couleur de chair plus ou moins intense, par la solution de cobalt.

694. L'ALUMINE, libre ou combinée, prend, par le même fondant, une belle couleur bleue, qu'on ne distingue bien qu'au jour.

695. Par le nitrate de cobalt, la BARYTE prend une couleur rouge-brun, rouge-brique ou jaune-rouille, tant qu'elle est chaude, et perd toute coloration en refroidissant.

696. Par le même réactif au contraire, la STRONTIANE devient noire et ne fond pas.

697. Par le même réactif, la SILICE prend une teinte bleuâtre, qui devient noire à une plus forte dose de cobalt.

698. Le MANGANÈSE fondu avec le borax, prend une couleur d'améthyste qui se perd en refroidissant; mais cette cou-

ur persiste, si on y ajoute un peu de salpêtre. C'est par ce océdé qu'on peut constater la présence du manganèse, dans e pelure de pomme.

699. Le FER se décèle par le borax. Au feu d'oxidation, le prend une couleur rouge sombre, qui se termine par une nte jaunâtre. Au feu de réduction, et, dans tous les cas, en outant au mélange un peu d'étain, on obtient un vert boullle souvent très foncé.

700. Le PLOMB seul s'oxide en jaune; avec la soude l'oxide vient jaunâtre, et opaque par le refroidissement. L'oxide rme, par la fusion, un beau vert orangé, qui se réduit enite avec effervescence en un grain de plomb. Par le borax, en y ajoutant un globule d'étain, les oxides de plomb deennent d'un noir plus ou moins intense.

701. Le ZINC fond et s'oxide en fleurs blanches. Les sels de ac, par la solution de cobalt, donnent une couleur verte.

702. L'ARSENIC et les ARSÉNIATES répandent une odeur d'ail, disparaissent, en tout ou en partie, par l'oxidation et par la aporisation.

703. L'ANTIMOINE se vaporise en fumée blanche, en répanant une odeur piquante.

704. Le CUIVRE, ses alliages et ses sels, prennent une belle uleur rouge, par le borax, auquel on ajoute de l'étain pur, ndant la fusion.

705. Les oxides et sels de MERCURE déposent un globule étallique de mercure, par la soude. Le cinabre seul se volise sans résidu, en répandant une odeur d'acide sulfureux; en est de même du muriate de mercure.

706. PHOSPHATES. Berzélius pense que leur présence peut

très bien être constatée par le fil d'[illegible]. Il fond la subs
dans l'acide borique; il plonge, dans la boule en fusion, l'e
mité d'un petit fil en acier, et produit un bon feu de réduc
« Le fer, dit-il, s'oxide aux dépens de l'acide phosphor
d'où résultent du borate d'oxidule de fer et du phosphu
fer. Ce dernier fond à une température assez haute. O
lève le globule fondu et refroidi, pour le mettre sous
clume; on l'enveloppe dans un morceau de papier;
frappe légèrement avec le marteau, pour opérer la sépa
du phosphure de fer, qui se présente alors sous forme
culot métallique, attirable à l'aimant, et dont la cassu
fre la couleur du fer. » L'auteur ajoute qu'on ne saura
couvrir, par ce procédé, une proportion d'acide phosph
qui ne s'élèverait pas au-delà de 4 ou 5 pour 100. Cett
action nous paraissait d'un trop haut prix, dans l'état
tissus organiques, qui, comme l'on sait, renferment si pe
du phosphate de chaux, pour que nous ayons vu avec in
rence un procédé aussi facile que celui qu'indique Berz
Mais nous sommes resté convaincu que l'auteur avait
restreint cette réaction du fer, et que tous les caractèr
signés à la présence des phosphates, se montrent, sur
d'acier, avec des substances d'une toute autre natu
même avec l'acide borique seul.

707. La réaction microscopique fournit des indic
plus sures, lorsque le phosphate de chaux se trouve, da
tissus, à l'état cristallisé. Nous les décrirons, en nous
pant plus spécialement de la cristallisation.

708. Ce sont là à peu près les réactions les plus pr
que les études de chimie organique soient dans le cas
prunter au chalumeau; elles se réduisent presque à c
ter la présence de certains métaux, qui se trouvent na
lement dans les cendres d'une substance, ou qui o
introduits accidentellement dans le tissu organisé.

709. Quand il s'agit seulement de reconnaître si la sub

soumise à l'observation appartient au règne organisé ou au règne inorganique, il n'est pas besoin de la flamme activée par le chalumeau, pour obtenir ce premier résultat. Il suffit en effet, de tenir la substance en contact avec la zone blanche de la simple flamme d'une chandelle; car la chaleur dégagée par la combustion s'élève là environ à 600°; et l'on sait que les substances organisées commencent à se décomposer déjà un peu au-dessus de 100°. Les caractères que présente la substance organisée qui se décompose, sont, de se recroqueviller, de se tordre en différents sens, de se boursoufler ensuite, de bouillonner, de noircir en répandant une fumée plus ou moins fuligineuse et ammoniacale, et enfin de s'incinérer.

CHAPITRE VI.

PRÉCIPITATION EN PETIT (110).

710. Lorsqu'on opère la précipitation à la vue simple, on doit se servir de petites éprouvettes étroites et à parois très minces (pl. 3, fig. 23, α); ces petits vases cylindriques permettent de mieux distinguer les phénomènes, placés entre l'œil et la lumière. Dans le sens de leur longueur en effet, ils réfractent peu la lumière (398); et c'est dans ce sens qu'ils donnent plus de place au liquide. On introduit la substance liquide ainsi que le réactif, au moyen du petit entonnoir à mercure (pl. 3, fig. 24).

711. La précipitation au microscope s'opère dans la cavité (ep) des porte-objets à réactifs (pl. 5, fig. 9), et de préférence, si on le peut, sur une lame de verre à surfaces parallèles; la cavité en segment de sphère fait l'office d'une lentille et réfracte les rayons, au lieu de les transmettre à l'objet microscopique, tels qu'ils sont réfléchis par le miroir. Dès que le

réactif précipite la substance, il se produit dans le liquide, ou des plaques plus ou moins colorées, plus ou moins bosselées, qui imitent des grumeaux de tissus albumineux, ou bien des cristallisations régulières, ou bien des grands globes limpides, ou bien des globules de même aspect et d'un plus petit diamètre, ou bien enfin des petits points presque incommensurables et opaques, qui troublent la transparence du liquide, et se tiennent plus ou moins distants les uns des autres.

712. Mais ces sortes de réactions exigent, de la part de l'observateur, d'autant plus de précautions et d'adresse, que la quantité de substance sur laquelle on opère est moins considérable, et que le mélange est plus compliqué. Ce n'est pas d'après une première indication, que l'on doit établir un jugement sur l'évaluation du phénomène.

713. Il serait facile de soumettre au microscope les caractères d'une précipitation qu'on opère en grand, au moyen de l'appareil suivant. Soit un tube de verre effilé à la lampe, sur une portion quelconque de sa longueur, et coudé verticalement de chaque côté en sens inverse l'un de l'autre, en sorte que l'une des extrémités serve à recevoir le liquide et l'autre à l'écouler; celle-là étant évasée en entonnoir (378), et celle-ci étant effilée d'une manière aussi capillaire qu'il sera possible de le faire, sans en obstruer l'ouverture. Si, l'appareil étant fixé sur le porte-objet (*pb*) du microscope (fig. 1, pl. 5) et au foyer de la lentille objective; si, dis-je, on continue à verser, dans la portion évasée du tube, la substance liquide et le réactif destiné à produire le précipité, le phénomène passera, sous l'œil de l'observateur, d'une manière si lente et si continue, qu'il deviendra impossible de se méprendre sur les caractères de la réaction, et que cette seule opération en grand équivaudra à une série innombrable d'opérations microscopiques, lesquelles ne s'obtiendraient qu'à force de patience et de temps.

714. La cristallisation (146) est un des phénomènes de la

:ipitation, qui peut fournir, à l'analyse microscopique, les
ı promptes et les plus heureuses ressources : car elle offre la
stance sous une forme et dans une position déterminée;
qui permet, après en avoir mesuré les angles et les con-
's, de l'attaquer par les réactifs ci-dessus indiqués, sans
ndre les perturbations des mélanges; en sorte qu'avec
x ou trois cristaux d'un huitième à peine de millimètre,
peut arriver à un résultat tout aussi sûr, que si l'on opérait
grand sur plusieurs livres de substances. Nous avons décrit
réactions ci-dessus (656); il nous reste à nous occuper
procédés, par lesquels on arrive à mesurer au microscope
angles des cristaux, c'est-à-dire des procédés goniomé-
ues (154).

'15. Nous avons fait construire deux espèces de GONIO-
RES, qui s'adaptent, l'un au microscope simple, et l'autre
microscope composé.

16. *Goniomètre du microscope simple* (pl. 5, fig. 15).
forme générale de ce petit instrument est celle d'un *porte-*
et ordinaire; et, comme la lame de verre d'un porte-objet
inaire, il entre à frottement dans la rainure de la platine
cuivre. Il se compose de deux cercles en cuivre concen-
ues, qui tournent horizontalement l'un sur l'autre, et sont
us attachés ensemble par deux tenons (*t*) diamétralement
osés, qui, fixés sur la paroi externe du cercle supérieur,
iètrent, en se recourbant en crochet, dans une rainure cir-
aire pratiquée dans l'épaisseur du cercle inférieur. Chacun
ux supporte une lame de verre mince (*l*), qui tourne avec

Les deux lames sont appliquées surface à surface, mais de
nière qu'elles ne puissent pas s'érailler par le frottement.
es sont marquées au diamant, sur les surfaces contiguës,
ne ligne droite qui passe par leur diamètre; la lame supé-
ure porte cette ligne sur sa surface inférieure, et la lame
érieure sur sa surface supérieure. Le bord du cercle en
ivre supérieur, est gradué en 360 degrés, dont 180 seule-
nt sont marqués au trait, en sorte que chaque division

sence du mucilage, de la gomme, de l'albumine liquide, ou d'un sel en état de dissolution.

684. L'alcool, l'éther, au contraire, rendent opaques (*) les cellules remplies d'une gomme liquide ou d'albumine; et ces deux réactifs granulent et plissent les membranes glutineuses et fibrineuses.

685. Toute cellule pleine d'air ou de gaz est noire, lorsqu'on l'observe sous une nappe de liquide.

686. Or, comme les diverses substances organiques se trouvent [illegible] dans des cellules microscopiques, et souvent séparées entre elles par les plus faibles distances, et mê[illegible] la simple épaisseur de deux membranes accolées sur [illegible] parois respectives, il sera aussi prompt que facile, au moyen des réactions microscopiques, de s'assurer de leur présence ou de leur absence dans le sein d'un organe, de mesurer la région qu'occupe chacune d'elles, de peindre enfin aux yeux, par tout autant de couleurs différentes, la topographie de tissu le plus compliqué, comme on colorie une carte géographique.

687. Nous conseillons à toutes les personnes, qui s'adonneront à l'étude de la nouvelle méthode, de se mettre à la recherche des réactions de coloration, dont la liste n'est pas encore très riche; car ce sont les réactions dont la physiologie, ainsi que la chimie organique, peuvent retirer les plus grands avantages.

688. Si de toutes ces réactions microscopiques on n'a obtenu que des résultats négatifs ou équivoques, on aura recours aux réactions par le chalumeau.

(*) Tout objet opaque apparaît noir au microscope, par transmission des rayons lumineux, alors même que, par réflexion, il serait d'une blancheur éclatante.

RÉACTIONS PAR LE CHALUMEAU (347).

Les réactions par le chalumeau s'obtiennent presque par la fusion (44); les réactifs y prennent le nom de ts, et le résultat est une vitrification infiniment petite. Les fondants dont on fait un usage plus fréquent, sont *onate de soude*, le *borax*, le *salpêtre* (nitrate de po- l'*acide borique vitrifié*, le *sel de phosphore* (pho- double de soude et d'ammoniaque), toutes substances s par la cristallisation et broyées en poudre; la solu- ueuse de *nitrate de cobalt*; l'*étain*, le *fer*, le *plomb* à nétallique; l'*oxide de cuivre*; et enfin la poudre de *de roche*.

On prend une parcelle des plus minimes de la substance désire reconnaître la nature par l'action des fondants; épose sur une des petites coupelles dont nous avons rlé (360), qui elle-même est placée sur le charbon fig. 7', *ch*); on recouvre cette petite parcelle avec la de l'un des fondants ci-dessus, ou on la met en contact fragment de l'un des trois métaux; on approche de gauche le charbon tout près de la flamme de la lampe ig. 7), vis-à-vis de laquelle on amène l'ajutage (β) du ieau (fig. 8), que l'on tient de la main droite dans une n fixe, en appuyant le coude sur la table ou sur un éta- 'on commence à projeter la flamme sur la coupelle, par ufflation modérée, que l'on rend graduellement de plus intense. Le fondant bouillonne, se concentre, dissout tance, rougit, et si on l'abandonne à un refroidissement né, la dissolution se prend en un émail, dont les diverses ions sont tout autant de signes caractéristiques, affir- on négatifs. On en prend note; on dépose à part la le, et l'on passe à une autre réaction sur une nouvelle le, et au moyen d'un nouveau fondant. On a soin de toutes les indications à la loupe, et même quelquefois roscope. Passons maintenant en revue les substances in-

organiques que l'on rencontre le plus communément dans le règne organique, et dont les fondants sont dans le cas de faire reconnaître la présence sous le plus petit volume.

692. Le CARBONATE DE CHAUX répand au chalumeau, en s'alcalisant, une lumière éblouissante par sa blancheur. On vient d'utiliser ce phénomène pour l'éclairage des phares; on a même tenté d'éclairer les microscopes solaires avec cette lumière artificielle. Les sels calcaires à acides organiques présentent au chalumeau le même éclat. Il faut en dire autant des tissus; c'est ainsi qu'on peut reconnaître la présence de la chaux, dans une simple fibrille de coton, en l'approchant de la lumière blanche de la flamme d'une chandelle; la fibrille se recoqueville, noircit, s'incinère, sans presque se déformer; et c'est alors que les cendres répandent l'éblouissante clarté, qui caractérise la présence de la chaux.

693. La MAGNÉSIE libre ou combinée prend en refroidissant, une belle couleur de chair plus ou moins intense, par la solution de cobalt.

694. L'ALUMINE, libre ou combinée, prend, par le même fondant, une belle couleur bleue, qu'on ne distingue bien qu'au jour.

695. Par le nitrate de cobalt, la BARYTE prend une couleur rouge-brun, rouge-brique ou jaune-rouille, tant qu'elle est chaude, et perd toute coloration en refroidissant.

696. Par le même réactif au contraire, la STRONTIANE devient noire et ne fond pas.

697. Par le même réactif, la SILICE prend une teinte bleuâtre, qui devient noire à une plus forte dose de cobalt.

698. Le MANGANÈSE fondu avec le borax, prend une couleur d'améthyste qui se perd en refroidissant; mais cette cou-

r persiste, si on y ajoute un peu de salpêtre. C'est par ce
océdé qu'on peut constater la présence du manganèse, dans
e pelure de pomme.

699. Le FER se décèle par le borax. Au feu d'oxidation, le
prend une couleur rouge sombre, qui se termine par une
ite jaunâtre. Au ... de réduction, et, dans tous les cas, en
utant au mélange ... d'étain, on obtient un vert bou-
le souv... très foncé.

700. Le PLOMB seul s'oxide en jaune; avec la soude l'oxide
vient jaunâtre, et opaque par le refroidissement. L'oxide
me, par la fusion, un beau vert orangé, qui se réduit en-
te avec effervescence en un grain de plomb. Par le borax,
en y ajoutant un globule d'étain, les oxides de plomb de-
nnent d'un noir plus ou moins intense.

701. Le ZINC fond et s'oxide en fleurs blanches. Les sels de
c, par la solution de cobalt, donnent une couleur verte.

702. L'ARSENIC et les ARSÉNIATES répandent une odeur d'ail,
disparaissent, en tout ou en partie, par l'oxidation et par la
porisation.

703. L'ANTIMOINE se vaporise en fumée blanche, en répan-
nt une odeur piquante.

704. Le CUIVRE, ses alliages et ses sels, prennent une belle
uleur rouge, par le borax, auquel on ajoute de l'étain pur,
ndant la fusion.

705. Les oxides et sels de MERCURE déposent un globule
talliquo de mercure, par la soude. Le cinabre seul se vo-
ilise sans résidu, en répandant une odeur d'acide sulfureux;
n est de même du muriate de mercure.

706. PHOSPHATES. Berzélius pense que leur présence peut

très bien être constatée par le fil d'acier. Il fond la substance dans l'acide borique; il plonge, dans la boule en fusion, l'extrémité d'un petit fil en acier, et produit un bon feu de réduction. « Le fer, dit-il, s'oxide aux dépens de l'acide phosphorique, d'où résultent du borate d'oxidule de fer et du phosphure de fer. Ce dernier fond à une température assez haute. On enlève le globule fondu et refroidi, pour le mettre sous l'enclume; on l'enveloppe dans un morceau de papier; on le frappe légèrement avec le marteau, pour opérer la séparation du phosphure de fer, qui se présente alors sous forme d'un culot métallique, attirable à l'aimant, et dont la cassure offre la couleur du fer. » L'auteur ajoute qu'on ne saurait découvrir, par ce procédé, une proportion d'acide phosphorique, qui ne s'élèverait pas au-delà de 4 ou 5 pour 100. Cette réaction nous paraissait d'un trop haut prix, dans l'étude des tissus organiques, qui, comme l'on sait, renferment si souvent du phosphate de chaux, pour que nous ayons vu avec indifférence un procédé aussi facile que celui qu'indique Berzélius. Mais nous sommes resté convaincu que l'auteur avait trop restreint cette réaction du fer, et que tous les caractères assignés à la présence des phosphates, se montrent, sur le fil d'acier, avec des substances d'une toute autre nature, et même avec l'acide borique seul.

707. La réaction microscopique fournit des indications plus sures, lorsque le phosphate de chaux se trouve, dans les tissus, à l'état cristallisé. Nous les décrirons, en nous occupant plus spécialement de la cristallisation.

708. Ce sont là à peu près les réactions les plus précises que les études de chimie organique soient dans le cas d'emprunter au chalumeau; elles se réduisent presque à constater la présence de certains métaux, qui se trouvent naturellement dans les cendres d'une substance, ou qui ont été introduits accidentellement dans le tissu organisé.

709. Quand il s'agit seulement de reconnaître si la substance

soumise à l'observation appartient au règne organisé ou au règne inorganique, il n'est pas besoin de la flamme activée par le chalumeau, pour obtenir ce premier résultat. Il suffit en effet, de tenir la substance en contact avec la zone blanche de la simple flamme d'une chandelle; car la chaleur dégagée par la combustion s'élève là environ à 600°; et l'on sait que les substances organisées commencent à se décomposer déjà un peu au-dessus de 100°. Les caractères que présente la substance organisée qui se décompose, sont, de se recroqueviller, de se tordre en différents sens, de se boursoufler ensuite, de bouillonner, de noircir en répandant une fumée plus ou moins fuligineuse et ammoniacale, et enfin de s'incinérer.

CHAPITRE VI.

PRÉCIPITATION EN PETIT (110).

710. Lorsqu'on opère la précipitation à la vue simple, on doit se servir de petites éprouvettes étroites et à parois très minces (pl. 3, fig. 23, α); ces petits vases cylindriques permettent de mieux distinguer les phénomènes, placés entre l'œil et la lumière. Dans le sens de leur longueur en effet, ils réfractent peu la lumière (398); et c'est dans ce sens qu'ils donnent plus de place au liquide. On introduit la substance liquide ainsi que le réactif, au moyen du petit entonnoir à mercure (pl. 3, fig. 24).

711. La précipitation au microscope s'opère dans la cavité (*sp*) des porte-objets à réactifs (pl. 5, fig. 9), et de préférence, si on le peut, sur une lame de verre à surfaces parallèles; la cavité en segment de sphère fait l'office d'une lentille et réfracte les rayons, au lieu de les transmettre à l'objet microscopique, tels qu'ils sont réfléchis par le miroir. Dès que le

réactif précipite la substance, il se produit dans le liquide, ou des plaques plus ou moins colorées, plus ou moins bosselées, qui imitent des grumeaux de tissus albumineux, ou bien des cristallisations régulières, ou bien des grands globes limpides, ou bien des globules de même aspect et d'un plus petit diamètre, ou bien enfin des petits points presque incommensurables et opaques, qui troublent la transparence du liquide, et se tiennent plus ou moins distants les uns des autres.

712. Mais ces sortes de réactions exigent, de la part de l'observateur, d'autant plus de précautions et d'adresse, que la quantité de substance sur laquelle on opère est moins considérable, et que le mélange est plus compliqué. Ce n'est pas d'après une première indication, que l'on doit établir un jugement sur l'évaluation du phénomène.

713. Il serait facile de soumettre au microscope les caractères d'une précipitation qu'on opère en grand, au moyen de l'appareil suivant. Soit un tube de verre effilé à la lampe, sur une portion quelconque de sa longueur, et coudé verticalement de chaque côté en sens inverse l'un de l'autre, en sorte que l'une des extrémités serve à recevoir le liquide et l'autre à l'écouler; celle-là étant évasée en entonnoir (378), et celle-ci étant effilée d'une manière aussi capillaire qu'il sera possible de le faire, sans en obstruer l'ouverture. Si, l'appareil étant fixé sur le porte-objet (*pb*) du microscope (fig. 1, pl. 5) et au foyer de la lentille objective; si, dis-je, on continue à verser, dans la portion évasée du tube, la substance liquide et le réactif destiné à produire le précipité, le phénomène passera, sous l'œil de l'observateur, d'une manière si lente et si continue, qu'il deviendra impossible de se méprendre sur les caractères de la réaction, et que cette seule opération en grand équivaudra à une série innombrable d'opérations microscopiques, lesquelles ne s'obtiendraient qu'à force de patience et de temps.

714. La CRISTALLISATION (146) est un des phénomènes de la

précipitation, qui peut fournir, à l'analyse microscopique, les plus promptes et les plus heureuses ressources : car elle offre la substance sous une forme et dans une position déterminée; ce qui permet, après en avoir mesuré les angles et les contours, de l'attaquer par les réactifs ci-dessus indiqués, sans craindre les perturbations des mélanges; en sorte qu'avec deux ou trois cristaux d'un huitième à peine de millimètre, on peut arriver à un résultat tout aussi sûr, que si l'on opérait en grand sur plusieurs livres de substances. Nous avons décrit les réactions ci-dessus (656) ; il nous reste à nous occuper des procédés, par lesquels on arrive à mesurer au microscope les angles des cristaux, c'est-à-dire des procédés goniométriques (154).

715. Nous avons fait construire deux espèces de GONIOMÈTRES, qui s'adaptent, l'un au microscope simple, et l'autre au microscope composé.

716. *Goniomètre du microscope simple* (pl. 5, fig. 15). La forme générale de ce petit instrument est celle d'un *porte-objet* ordinaire; et, comme la lame de verre d'un porte-objet ordinaire, il entre à frottement dans la rainure de la platine en cuivre. Il se compose de deux cercles en cuivre concentriques, qui tournent horizontalement l'un sur l'autre, et sont tenus attachés ensemble par deux tenons (*t*) diamétralement opposés, qui, fixés sur la paroi externe du cercle supérieur, pénètrent, en se recourbant en crochet, dans une rainure circulaire pratiquée dans l'épaisseur du cercle inférieur. Chacun d'eux supporte une lame de verre mince (*l*), qui tourne avec lui. Les deux lames sont appliquées surface à surface, mais de manière qu'elles ne puissent pas s'érailler par le frottement. Elles sont marquées au diamant, sur les surfaces contiguës, d'une ligne droite qui passe par leur diamètre; la lame supérieure porte cette ligne sur sa surface inférieure, et la lame inférieure sur sa surface supérieure. Le bord du cercle en cuivre supérieur, est gradué en 360 degrés, dont 180 seulement sont marqués au trait, en sorte que chaque division

correspond à 2 degrés. La ligne tracée au diamant, sur la lame supportée par ce cercle, doit s'étendre de zéro à 180 degrés. Que l'on dépose maintenant un cristal (*c*) tout près de l'entrecroisement des deux lignes diamétrales, et que l'on puisse amener l'un des côtés d'un angle quelconque à coïncider avec l'une des deux lignes; on fera tourner le cercle supérieur sur l'inférieur jusqu'à ce qu'on fasse coïncider la ligne diamétrale du cercle inférieur avec l'autre côté de l'angle du cristal; si alors il se trouve que le sommet du cristal coïncide avec le point d'entrecroisement des deux lignes diamétrales, et que ce point soit situé au centre du cercle gradué, il ne restera plus qu'à lire le nombre des degrés compris entre les deux côtés de l'angle obtenu. Mais avec quelque précision que procède l'artiste, il est presque impossible d'arriver à faire que les deux lignes diamétrales se superposent exactement, et forment alors, en se confondant à la vue, un seul et même diamètre. Il s'ensuit qu'il serait impossible d'obtenir que, dans toutes les observations, le point d'entrecroisement soit situé exactement au centre du cercle gradué; ce qui fera que l'angle mesuré sera moindre ou plus grand que la réalité. On corrigera cette erreur, en divisant la somme des deux angles opposés par 2 : le quotient donnera l'ouverture véritable de l'angle que l'on mesure.

717. Mais pour que l'œil puisse distinguer en même temps et les lignes diamétrales, et les angles du cristal dont ces deux lignes doivent donner la mesure, c'est-à-dire pour que les lignes et les angles se trouvent à la fois au foyer de la lentille, il faut que celle-ci soit d'un assez long foyer; en général, on éprouverait de la difficulté à se servir d'une lentille d'une puissance au-dessus d'un pouce de distance focale. Afin de ne pas déranger l'appareil, on lit la graduation avec une loupe à la main.

718. Goniomètre du microscope composé. Il serait impossible d'amener à la fois au foyer des grossissements élevés, et l'objet qu'on veut mesurer, et les deux fils du goniomètre,

qui sont destinés à fournir la mesure des angles. Du reste, il n'est pas, dans la nature, de fils assez déliés pour se prêter à ces sortes de grossissement, le fil d'une araignée y paraissant de la grosseur d'un câble. Les lignes tracées au diamant sur le verre exigeraient l'emploi de deux lames de verre, comme dans le goniomètre du microscope simple, et à ces sortes de grossissements l'une des deux lames seules se trouverait au foyer. Ajoutez que le prix d'un instrument fait avec la perfection que cette destination réclame ne serait jamais à la portée des bourses ordinaires; car il faudrait parvenir à tracer des traits aussi purs que ceux des micromètres sur une longueur au moins de deux pouces, et en faire des diamètres d'un cercle; nos instruments de graduation ne se prêteraient pas à une telle difficulté. Mais le microscope composé réunit divers foyers, puisqu'il est un ensemble de divers grossissements. En soumettant donc le goniomètre à l'un des plus faibles grossissements, en même temps qu'on soumet l'objet au plus fort, l'œil recevra à la fois l'image nette et distincte de l'objet qu'on mesure et des fils qui servent à le mesurer. En conséquence, le goniomètre se place sur le diaphragme (*d'*, pl. 5, fig. 1), qui marque le foyer de l'oculaire externe. C'est un cercle gradué sur gélatine, qui déborde de deux ou trois millimètres seulement le diaphragme, et qui, tout en s'éclairant de la lumière transmise par l'objectif, laisse passer pure et intègre l'image de l'objet grossi. Ce cercle porte un fil de cocon de 0 à 180°. Le second fil de cocon, qui doit se croiser avec celui-ci, est tendu sur l'ouverture d'un cylindre en cuivre fixé sous la monture de l'oculaire (*oc'*), et qui descend assez près du cercle gradué, pour que les deux fils se superposent, mais pas assez pour que le cercle gradué soit exposé au moindre frottement. Au grossissement de cet oculaire, ces deux fils paraissent encore sans épaisseur, et comme des lignes géométriques. On sait que le chaton, où s'enchâsse la lentille oculaire (*oc'*), s'adapte au tube par un pas de vis très lent; or, en faisant marcher ce pas de vis à droite ou à gauche, on pourra

amener le fil mobile sur tous les degrés du cercle gradué, et le superposer même sur l'autre, de sorte qu'ils se confondent tous les deux à la vue. En conséquence, soit un cristal placé sur le porte-objet (*pb*, fig. 1), dont on désire mesurer les angles. On amène le microscope au-dessus de lui, jusqu'à ce que le point d'entrecroisement des deux fils de cocon du goniomètre coïncident exactement avec le sommet de l'angle par lequel on désire commencer; on tourne le tube de l'oculaire jusqu'à ce que le fil fixé sur le cercle se superpose exactement sur un des côtés du cristal; on tourne ensuite le chaton de l'oculaire (*oc'*), jusqu'à ce que le fil qu'il fait mouvoir se superpose à son tour tout aussi exactement sur l'autre côté. On compte alors les degrés compris entre les deux angles opposés dont le cristal forme le sommet; on divise la somme de ces deux angles par 2, et le quotient donne l'ouverture de l'angle que l'on mesure. Il n'est pas de si petit cristal qui ne se prête à ce procédé, pourvu que les angles en soient reconnaissables.

719. Le tube du microscope double (459) est trop étroit pour que la graduation puisse s'effectuer par degrés, et même par doubles et triples degrés; on est obligé d'y adapter un tube de rechange d'un plus grand diamètre, ce qui en diminue le grossissement, mais ce qui, d'un autre côté, en augmente la netteté.

720. Ceux qui désireraient construire eux-mêmes le goniomètre, s'y prendront de la manière suivante. Ils colleront par les bords, sur une surface parfaitement unie, une grande feuille de papier blanc très fort et humide, qu'ils laisseront se distendre en séchant. A peu près au milieu de cette feuille, ils colleront également par les bords une feuille de gélatine bien transparente et sans inégalités de surface, de quatre ou cinq centimètres de longueur. D'un point de cette feuille de gélatine pris comme centre, ils traceront au compas, sur la feuille de papier, un double cercle d'un diamètre aussi grand que le permettra la feuille, et de 30 centimètres au moins, que l'on

graduera aussi exactement que l'on pourra en 360°. Du centre de ce grand cercle, on en tracera trois autres concentriques sur la feuille de gélatine, de manière que le plus externe ait le diamètre de l'ouverture du diaphragme, sur lequel on doit placer le goniomètre, et que le plus interne en soit à une distance qui permette d'écrire facilement la graduation. Cela fait, on prend une règle pesante en métal, dont on polit la surface avec le plus grand soin; et l'on aiguise la pointe d'une lame d'acier de la manière la plus acérée. Il est évident que pour transporter sur le cercle en gélatine la graduation du grand cercle tracé sur le papier, il suffira de tourner la règle sur le centre, comme sur un pivot, et de tracer un trait sur la gélatine, toutes les fois que la règle coïncidera avec un trait tracé sur le cercle du papier, en ayant soin de ne prolonger les traits jusqu'au cercle le plus externe que pour les dizaines, et de s'arrêter au moyen pour tous les autres traits. On gravera ensuite les chiffres arabes à la loupe, avec la pointe du canif. Lorsque la graduation sera terminée, on découpera la gélatine non au ciseau, mais avec la pointe du canif, par des entailles successives, et en dirigeant la coupe à la manière de l'emporte-pièce. On enlève la rondelle circonscrite par le cercle le plus interne, et on découpe la gélatine d'après le diamètre exact du tube qui doit recevoir l'appareil, mais de manière que le cercle gradué entre facilement dans ce tube, et se trouve tout placé en tombant sur le diaphragme. On applique alors le fil de cocon, en plaçant à la circonférence du cercle, mais loin de la graduation, deux petites parcelles de colle d'amidon diamétralement opposées, par lesquelles on fait passer les deux extrémités du fil de cocon, que l'on distend avec précaution, à mesure que la colle sèche. L'on introduit ensuite le cercle dans le tube; on examine à la loupe si l'ouverture du diaphragme coïncide avec la circonférence du cercle gradué; on en amène la coïncidence au moyen d'une aiguille. On dépose après, aux deux extrémités du même diamètre, une parcelle de colle, qui s'applique dans l'angle formé

par le cercle et les parois du tube, et on surveille l'appareil, jusqu'à ce que la colle soit desséchée complétement. C'est alors qu'on s'occupe de disposer le second fil à la base d'un cylindre en cuivre ou en carton, qui s'attache à la surface inférieure du chaton qui supporte la lentille oculaire (*oc'*).

721. A la rigueur, et lorsqu'il s'agit de mesurer des cristaux d'un certain volume, on pourrait avoir recours au procédé de la double vue (498). On obtiendrait ainsi l'ouverture des angles, soit en dessinant le cristal, soit en le mesurant directement. Mais le dessin ne serait exact qu'après bien des tâtonnements; il en coûtera moins de placer, à 30 centimètres de distance, sur la boîte du microscope, un goniomètre dont nous allons donner la description. Soit une moitié de cercle gradué sur une feuille de papier blanc, avec son diamètre tracé par une ligne noire de 0° à 180°; si par le centre on fait passer un crin ou un fil de fer noirci, et d'une minime épaisseur, qui se prolonge, en se distendant, jusqu'au-delà de la circonférence, et s'attache, par cette extrémité, à un corps pesant d'une forme arbitraire, il suffira de promener çà et là ce corps autour de la circonférence graduée, pour obtenir l'ouverture de tous les angles possibles. Or en fixant de l'œil gauche cet instrument, et de l'œil droit le cristal microscopique, l'image de celui-ci se superposant sur celui-là, on la mesurera comme on mesurerait le cristal lui-même; on n'aura qu'à promener de la main le fil mobile, jusqu'à ce que l'ouverture de l'angle de l'image coïncide avec l'ouverture d'un angle ainsi tracé sur le goniomètre.

722. Ce sont là les appareils et les procédés que réclame l'application du microscope aux mesures goniométriques; voici les précautions que demandent ces sortes d'observations.

723. On ne doit jamais perdre de vue qu'au microscope composé, tout se mesure par transmission de la lumière; que, par conséquent, toute surface du cristal qui n'est pas parallèle à la lame de verre se noircit (576). Sur les cristaux grossis

(pl. 8, fig. 6, 7), tout ce qui paraît noir indique des surfaces inclinées sur la lame du porte-objet; la surface éclairée, au contraire, lui est parallèle. On voit, à son tour, celle-ci se colorer en noir en tout ou en partie, lorsque le mouvement du liquide parvient à l'incliner sous différents angles.

724. Mais lorsque l'inclinaison n'est pas très grande, on voit les surfaces latérales se peindre, pour ainsi dire, sur la surface éclairée, et en diminuer en apparence l'étendue; le cristal (fig. 8) n'est que le cristal (fig. 7) amené à cette position; on le prendrait, sous ce jour, pour un cristal hexaédrique. Dans la mesure des angles, on tomberait dans de considérables écarts, si on négligeait une circonstance qui, en diminuant l'étendue des surfaces, est capable d'offrir à l'œil des angles trompeurs. On remontera à la source de ces apparences, en s'appliquant à reconnaître la structure véritable du cristal; car une fois ce résultat acquis, il sera facile, par des procédés graphiques, de se représenter, sur le papier, tous les effets de la réfraction, et quelquefois même on pourra parvenir à déduire, des effets de la réfraction, la structure du cristal que l'on observe. Le procédé le plus simple, pour se faire une idée juste de la structure générale du cristal, c'est-à-dire du nombre des faces qui le limitent, c'est de le déplacer doucement dans le liquide, sans le faire sortir du champ visuel, et de le faire rouler et tourner, pour ainsi dire, sur lui-même. On y parvient, au moyen d'une simple goutte d'alcool déposée dans le liquide où l'on observe la substance cristallisée; l'alcool, en s'évaporant, imprime au cristal un mouvement favorable à ces sortes d'observations, lorsqu'il existe dans le liquide en quantité minime. Si le cristal était soluble dans le liquide, on saturerait celui-ci de la substance dont on étudie la cristallisation, et dès lors les cristaux y seraient insolubles.

725. L'exemple suivant fera comprendre le parti que l'on peut tirer du jeu des ombres, dans la détermination de la forme générale d'un cristal. Soit, en effet, le cristal d'oxalate de chaux (pl. 17, fig. 8); lorsqu'il est mis en mouvement dans

le liquide, il présente successivement, en roulant sous les yeux de l'observateur, une face longitudinale entièrement éclairée, et ensuite deux faces parallèlement longitudinales, l'une éclairée et l'autre obscure, puis trois faces également longitudinales et parallèles, les deux extrêmes obscures et la médiane beaucoup plus étroite et éclairée, et il revient ensuite à son premier aspect, en présentant une seule et unique face éclairée, à peine bordée de deux traits noirs. Or si l'on se rappelle les lois de la réfraction, il sera évident que de pareilles images ne sauraient émaner, au microscope, que d'un prisme à quatre pans et à base rectangulaire; car un pareil prisme devra apparaître à une seule face éclairée, quand deux de ses faces seront parallèles au porte-objet; il présentera deux lignes noires et une ligne éclairée, lorsque, incliné obliquement sur la lame du porte-objet, les rayons lumineux tomberont obliquement sur ses faces inférieures (392).

726. Soit, au contraire, un prisme à six pans, tournant sur son axe, par l'effet de l'évaporation du liquide, il est évident que, dans toutes les positions qu'il prendra par le repos, il offrira toujours, par réfraction au microscope, trois lignes parallèles et longitudinales, les deux extrêmes noires et la médiane éclairée. En effet, toutes les fois que le cristal arrivera au repos, il s'appliquera contre la lame du porte-objet par l'une de ses faces. Supposons que ce soit par la face (*cd*, fig. 6, pl. 17); il s'ensuivra que la face opposée (*ab*) sera dès lors parallèle, et à la face (*cd*), et à la lame du porte-objet, et que, partant, les rayons émanés du miroir réfracteur, qui tomberont perpendiculairement sur la surface (*cd*), sortiront, sans déviation aucune (393), de la surface (*ab*), et arriveront parallèlement à l'objectif du microscope. Il n'en sera pas de même des rayons lumineux qui arriveront du miroir sur les faces (*ce*) et (*de*) du même cristal : car, se trouvant tous obliques à la surface, il se réfracteront dans l'intérieur du cristal ou seront réfléchis en dehors, et ne parviendront point à la lentille objective; dès lors, le cristal offrira trois bandes

longitudinales et parallèles, une médiane éclairée et correspondant au quadrilatère (*bacd*), qui est le profil d'un prisme à quatre pans, et deux bandes noires provenant de deux prismes (*aec*) et (*bed*), qui ne laissent point passer la lumière d'une manière profitable à la vision microscopique.

727. En théorie, la bande médiane d'un semblable cristal devrait avoir le double de largeur des deux autres bandes obscures, puisque (*ff*), qui mesure la première, égale le rayon du cercle circonscrit, et que (*ef*) n'égale que la moitié du rayon (*ge*); mais, en pratique, on trouve, en général, quand le cristal est régulier, que la bande médiane est moindre que chacune des bandes obscures, ce qui provient, souvent d'une position un peu oblique, mais essentiellement des effets de la réfraction; car les rayons émanés du miroir, sous forme de cône, ne sauraient arriver, aussi perpendiculairement que nous le supposons, sur la surface inférieure (*cd*) du cristal. Quoi qu'il en soit, et en tenant compte de cet effet de la réfraction, on pourra distinguer de la sorte la structure du prisme cristallin le plus délié, en s'aidant, pour établir son raisonnement, des grossissements un peu forts, s'il en est besoin.

728. Ces deux exemples suffisent pour indiquer à l'observateur la marche qu'il doit suivre, afin de déterminer la structure d'une cristallisation par l'étude du jeu de la lumière au microscope. C'est par ce procédé que l'on reconnaîtra que le sommet (*b*) du cristal (fig. 8, pl. 17) est une pyramide à quatre faces par décroissement sur les angles, et que la base (*a*) est la contre-épreuve de cette pyramide; que c'est la pyramide (*b*) en creux. et le résultat d'un clivage qui a rompu le cristal sur sa longueur.

729. Il se présente fréquemment, dans l'étude des cristaux, une illusion dont nous trouverons la valeur dans la réfraction des lentilles en segments de sphère (424), et qui aiguise en fuseau, par les deux extrémités, le cristal le plus régulièrement quadrilatère, tellement que l'on a souvent pris pour des

organes, les cristaux qui s'offraient, sous cet aspect, à l'œil des observateurs non encore familiarisés avec les principes de la nouvelle méthode; soit, en effet, le cristal quadrilatère, ou au moins tronqué à angle droit à ses deux extrémités (*ci* fig. 13, pl. 17); s'il arrive que ces deux extrémités débordent les limites du champ visuel de la lentille avec laquelle on l'observe, il s'ensuivra que tous les rayons (*rr*) qui se trouveront dans ce champ seront réfractés d'une manière régulière; il n'en sera pas de même de ceux (*r'*) qui partiront des deux extrémités (*c*) et (*i*); il n'arrivera à l'œil de l'observateur que ceux qui partiront de la ligne médiane du cristal; les angles (*a*) s'effaceront à l'œil comme s'ils étaient corrodés par un acide, et dès lors le cristal apparaîtra avec la forme en fuseau, qui, sur la figure, est inscrite à la forme du cristal. Cela tient à ce que, ainsi que nous l'avons fait observer (424), les lentilles biconvexes, par le seul effet de la courbure de leurs surfaces, tendent à arrondir les images carrées, les usent sur les angles, et cela d'autant plus que l'objet sort davantage des limites du champ visuel, ce qui n'arrive pas à la ligne médiane du cristal, laquelle peut être considérée comme réfractée par le profil de la lentille biconvexe, c'est-à-dire par une courbure de cylindre.

730. Il en sera de même d'un cristal quelconque qui, nageant obliquement dans le liquide, se présentera sous la lentille objective, avec une extrémité en deçà et l'autre au delà du foyer; car, l'œil ne pouvant apercevoir que ce qui est au foyer, et la ligne médiane d'un cristal se trouvant au foyer plus long-temps, si je puis m'exprimer ainsi, que les côtés, il s'ensuivra que le cristal s'effilera vers les deux bouts, et que le prisme le plus régulièrement conformé revêtira la forme d'un fuseau, d'une aiguille, deux mots trop vulgaires, que pour l'amour du grec on aura hâte de remplacer par celui de *raphides*, avant tout autre avertissement; et c'est ce qui a eu lieu à l'égard des cristaux de phosphate de chaux (fig. 14, pl. 17), si communs dans les tissus des végétaux.

731. Nous avons contracté l'habitude de juger du relief des corps par le jeu de la lumière et des ombres, par l'alternative du clair et de l'obscur, tellement que l'art n'a qu'à combiner ces deux éléments de la perspective, pour produire sur nos yeux l'illusion la plus complète, et nous faire voir des forêts immenses, des montagnes lointaines, et les plus nombreux accidents du terrain, sur la surface d'une toile appliquée contre une muraille. Si nous n'avions soin de nous tenir en garde contre ces habitudes de la vue, en observant au microscope, il nous arriverait fréquemment de prendre des creux pour des reliefs, et des reliefs pour des perforations; car la réfraction répand également le clair et l'obscur sur les surfaces creuses que sur les surfaces en relief; le jour ne fait, dans les deux cas, que changer de direction. Soit, par exemple, le cristal de sel marin (pl. 8, fig. 12, *a*); au microscope et vu de champ, il offrira une pyramide striée que l'on sera porté à croire en relief; et pourtant on sait que le caractère de cristallisation du sel marin est d'avoir, comme une pyramide en creux, par la disposition en gradins que prennent tous les petits cristaux, en s'associant ensemble; mais au microscope même on pourra s'assurer de cette disposition, et faire justice, par l'expérience directe, de l'illusion optique, qui montre cette pyramide en creux. On y parviendra par deux moyens : le premier, en amenant successivement au foyer les diverses zones de l'épaisseur du cristal; le second, en établissant d'une manière graphique le côté du cristal que la lumière projetée par le *miroir réfracteur* (454) doit éclairer, selon que ses faces sont en creux ou en relief.

732. En effet, 1° si la pyramide est en relief, il faudra que la pointe en arrive au foyer plutôt que les faces, et les faces plutôt que le plan sur lequel la pyramide repose. Si elle est en creux, on verra les bords avant les faces de la pyramide, et les faces avant le sommet. En avançant et reculant alternativement le porte-objet, autant de fois qu'on le jugera convenable, on parviendra à se faire une idée rigoureusement exacte

de cette disposition. 2° La lumière projetée sur une pyramide observée de champ au microscope, par le miroir réfracteur, éclairera deux faces opposées, selon que la pyramide sera en creux ou en relief. Dans le premier cas, la face éclairée sera celle qui se trouve du côté du miroir; dans le second cas, ce sera la face opposée, pourvu que le cristal soit appliqué par sa base contre la surface du porte-objet. On s'assurera du fait par comparaison, en éclairant de la sorte une pyramide cristalline visible à l'œil nu. Mais au microscope composé, on ne devra pas perdre de vue le renversement des images (573), phénomène qui changera de position en apparence les faces du cristal, et qui fera voir, à l'opposé du miroir, la face qui, en réalité, se trouve du côté de cette pièce.

733. De même qu'on a pris des vrais cristaux pour des organes (*), de même on pourrait être exposé à prendre de vrais organes pour des cristaux, si l'on se laissait aller, sans trop s'en rendre compte, aux phénomènes de la réfraction à travers des cylindres limpides; on s'exposerait, sans cette précaution, à prendre les poils des céréales, qui se mêlent à la farine, pour les cristaux analogues de silice ou de phosphate de chaux (pl. 17, fig. 2 et 14).

734. Soit, en effet, un de ces poils blancs et soyeux dont se hérisse l'ovaire de l'avoine (*avena sativa*) (pl. 9, fig. 8, *a*); plongé dans l'eau, il s'offre au microscope comme un tube de verre d'une grande transparence; mais observé dans l'air (*ibid. c*), il prend l'aspect d'un prisme hexaédrique plus ou moins arqué; et l'on serait tenté, en le voyant, de le considérer comme une production cristallisée, comme un de ces cristaux de silice (*gg'*) dont je parlerai au sujet des *éponges*. Mais si, à l'aide d'une lame tranchante, on peut le couper par le milieu (*ibid., dd'*), on ne tardera pas à s'apercevoir que les portions voisines de la section (*d'*) deviennent de plus en plus

(*) Voyez, *sur les cristaux de silice et de calcaire*, notre travail: *Mém. de la Soc. d'hist. nat.* de Paris, tome IV, 1828, et *Nouveaux coups de fouet scientifiques*. 1831, page 27.



transparentes, et que cette transparence s'étend de proche en proche, jusqu'à envahir toute la capacité de cette moitié de poil, depuis la base (*b'*) jusqu'au sommet (*b*). L'autre moitié présente le même phénomène. Si alors on replonge dans l'eau cette portion de poil (*bb'*), devenue transparente par son séjour dans l'air, on la voit subitement perdre sa transparence et reprendre l'opacité de ses deux faces latérales; mais peu à peu cette opacité semble, pour ainsi dire, sortir sous formes de bulles (*ff'*), qui, en cheminant du sommet à la base, sont ellipsoïdes, et, une fois sorties, offrent la sphéricité et tous les phénomènes de réfrangibilité d'une bulle d'air (*f'*); alors le tube a repris dans l'eau toute sa transparence. Si on enlève l'eau qui le recouvre, et qu'on le recouvre une seconde fois de liquide, après l'avoir laissé exposé à l'air, on le rencontrera encore opaque, et ainsi de suite, à l'infini.

735. Il est donc évident que chacun de ces poils est un tube imperforé et creux, dont la capacité renferme une substance soluble dans l'eau, d'un pouvoir réfringent voisin de celui de l'eau, et très éloigné de celui de l'air. Quand on observe ce poil intègre dans l'air, la substance incluse réfracte fortement les rayons lumineux et rend le tube opaque; cette opacité disparait, lorsqu'en pratiquant une section transversale, on donne à la substance incluse la facilité de s'écouler et de céder la place à l'air; car la paroi en est trop mince, pour qu'elle puisse influer d'une manière sensible sur le jeu de la lumière, qu'elle réfracte à peine sur les bords et au sommet, où, par son épaisseur, elle forme une espèce de prisme; les réactifs nous apprendront plus tard que la substance incluse est une solution de sucre. Mais on peut de là évaluer le parti qu'on peut tirer des procédés microscopiques, qui permettent d'analyser un poil isolément, avec plus de facilité, que la chimie en grand n'eût analysé un fruit d'un certain calibre.

Si le poil ou la cellule à examiner renfermait une substance insoluble dans l'eau, on procéderait dans cette expérience au moyen de tout autre menstrue.

736. Les bulles d'air produites par l'effervescence d'une réaction (643) offrent souvent, en se rapprochant les unes des autres, un phénomène de réfraction, qui communique à cette agrégation de globes réfringents, l'aspect d'une cristallisation à facettes; en sorte que chacun de ces globes, au lieu de n'avoir qu'un seul point éclairé, comme dans le cas où il est isolé (pl. 9, fig. 8, *f'*), se trouve marqué de tout autant de lumières qu'il est de fois en contact avec d'autres globes. Car les rayons réfractés par chaque bulle d'air, qui sont perdus pour la vision, ne sont pas pour cela absorbés et anéantis par la bulle; et tous les points de leur surface, qui nous paraît obscure, nous offriraient un point blanc central, si nous pouvions faire tourner le microscope tout autour de leur circonférence, et amener l'axe du tube dans le prolongement de tous les rayons de la sphère gazeuse. Le point blanc nous semblerait se déplacer avec le tube du microscope, et tourner avec lui; la surface qui nous paraît noire ne laisse donc pas que d'être éclairée. Or, si les rayons lumineux émergents, qui n'arrivent pas au microscope, rencontrent, en sortant, une surface réfléchissante, celle-ci pourra se trouver disposée de manière à les renvoyer dans l'axe de la vision; la surface réfléchissante nous apparaîtra alors éclairée. Mais lorsqu'une bulle est en contact avec six bulles de même diamètre qu'elle, elle doit offrir six points réfléchissants aux rayons réfractés par chacune de ces bulles, et sa structure sphérique fera que ces six points auront l'air de tout autant de facettes d'une pyramide plus ou moins régulière, dont le sommet serait scintillant.

737. L'illusion sera moins fugitive, si, au lieu de bulles d'air observées dans l'eau, ce sont des cellules en relief ou isolées, et parfaitement sphériques, qu'on observe dans l'air; mais on s'en rendra compte de la même manière.

738. Après ces études préliminaires, sur la structure générale du cristal, et sur le nombre de faces qu'il est susceptible de présenter successivement à l'observation microscopique, on passera à la mesure des angles, au moyen du goniomètre,

dont nous avons déjà donné la description (718); et l'on doit procéder à cette nouvelle série d'observations, avec tout autant de précaution qu'à la première; car la moindre déviation peut faire tomber dans des écarts considérables. Pour s'en convaincre, il suffit de penser que l'ouverture de l'angle, que l'on prend sur un cristal de $\frac{1}{10}$ de millimètre, se mesure sur un cercle de trois ou quatre centimètres de diamètre. On ne devra donc arrêter l'observation, et lire le résultat sur le cercle gradué, qu'après que l'on aura acquis la certitude, à force de tâtonnements, que chacun des fils goniométriques coïncide exactement avec un des côtés de l'angle du cristal que l'on mesure, le sommet de l'angle coïncidant à son tour tout aussi exactement avec le point d'entrecroisement des fils. Pour compter les degrés du cercle, il faudra aussi tenir compte de l'épaisseur des traits qui les marquent, et la faire entrer, comme fraction de degré, dans la somme que l'on obtiendra. Afin de mieux s'assurer de la coïncidence et des fils avec les côtés de l'angle, et de l'entrecroisement des fils avec le sommet de celui-ci, on écartera un peu le tube du microscope par un léger effort de la main, afin que l'angle formé par l'entrecroisement des fils cesse de se superposer sur l'angle du cristal; et en dirigeant la pression exercée par la main d'une manière favorable, on amènera l'image du cristal dans une position telle que l'angle mesuré aura ses deux côtés parallèles aux deux fils; si ce parallélisme est parfait, il s'ensuivra que les deux angles, l'angle goniométrique et l'angle du cristal, seront semblables, et que, par conséquent, la mesure est exacte.

739. On fera la même observation à l'égard des ombres des facettes obliques au plan de position; si deux facettes latérales par rapport à la facette éclairée, et également obliques, s'offrent cependant avec une épaisseur inégale, ce sera une preuve que la facette éclairée est dans une position oblique; or, dans ce cas, sa mesure de son angle donnerait la valeur de la perspective, et non l'ouverture réelle de l'angle observé.

740. L'étude de la cristallisation au microscope exige qu'on varie, et la nature du menstrue, et la quantité du liquide, et la forme du porte-objet; car la cristallisation affecte des caractères différents, selon que le liquide a plus de profondeur que de surface, ou s'étend plus en surface qu'en profondeur. Dans le premier cas, les cristaux ont leurs trois dimensions égales, ou ne s'allongent qu'en prismes réguliers; dans l'autre, on voit la cristallisation s'arboriser sous ses yeux, et se ramifier par des courbes ou des lignes droites, avec des angles plus ou moins ouverts, selon la direction que prend le liquide, et selon la durée et la rapidité de l'évaporation.

741. La forme des cristaux varie bien davantage, sous l'influence des mélanges; nous aurons plus d'une occasion d'en donner des exemples spéciaux, en nous occupant surtout de l'analyse microscopique du suc des *chara;* et cette influence n'est rien moins qu'une influence à distance, qu'une action du mélange sur les bords du cristal, qu'une érosion de la déliquescence. Lorsqu'on se sert d'un mélange coloré, il est facile de voir que la déformation du cristal est l'effet d'une combinaison de la substance avec le menstrue; car la coloration pénètre souvent jusque dans le centre de la cristallisation; les cristaux de tartrate de potasse du vin en sont un exemple.

742. C'est surtout, et peut-être exclusivement dans l'étude des cristaux aciculaires d'une extrême ténuité, que les grossissements exagérés du microscope composé sont susceptibles d'offrir une utilité incontestable; car là où il ne s'agit de déterminer la structure d'un corps que par la réfraction des diverses facettes qui le circonscrivent, il importe peu que l'objet soit plus ou moins éclairé, pourvu qu'il le soit assez pour avoir du jour et de l'ombre. Aussi nous sommes-nous servi, dans le principe, avec avantage, d'un grossissement de 2000 diamètres, pour déterminer la forme des cristaux de phosphate de chaux (pl. 17, fig. 14), qui aux grossissements inférieurs, ont la ténuité d'un fil de cocon vu à l'œil nu; et le grossisse-

ment de 2000, nous l'obtenions, en remplaçant le jeu des lentilles achromatiques, par une lentille non achromatisée de 3 millimètres de diamètre; aussi fallait-il se plonger le visage dans la plus complète obscurité, pour qu'aucun rayon ambiant ne vînt troubler la vision, à l'instant où elle s'exerçait sur une réfraction si avare de clarté.

743. Tout corps isolé, qui se présentera au microscope, avec des facettes, ne devra pas pour cela être considéré comme un cristal. La compression des organes entre eux, peut, en effet, leur imprimer cette forme par la dessiccation de la substance incluse; c'est ce qui arrive aux cellules de dernière formation de la graisse, qui, se figeant après la mort de l'animal, s'isolent par le retrait, et sont susceptibles de se détacher, par la malaxation, en une farine blanche comme la neige. Observées au microscope dans cet état, on serait tenté de les prendre pour des cristallisations régulières du plus joli effet (pl. 10, fig. 33 et 34). Avant donc de se prononcer sur la valeur de ce caractère de l'image microscopique, il sera nécessaire de s'assurer, par l'expérience des réactions, de la nature chimique et de la structure du corps observé. Dans l'exemple qui nous occupe, on fera justice de cette jolie illusion, si l'on soumet ces cristallisations trompeuses à l'action de la chaleur sèche, en concentrant sur elles les rayons solaires (569), ou bien à l'ébullition dans l'eau ou dans l'alcool; dans l'eau, chacune d'elles s'arrondira en globule; dans l'alcool, au contraire, elle se videra, et n'offrira bientôt plus qu'un sac plus ou moins déchiré.

744. Le retrait produit, sur certaines substances solubles qui se dessèchent, des réticulations et des gerçures, qui, au microscope et par réfraction, sont dans le cas de revêtir l'aspect d'interstices cellulaires, ou même d'angles de cristaux rapprochés entre eux. La fig. 15, pl. 7, offre un de ces effets sur la substance soluble de l'albumine ou de la gomme qui s'est desséchée, après avoir été étendue en lame sur le porte-objet. On se rendra compte de cette [illegible]nstance, en recon-

vrant la substance d'une couche de liquide, et en observant la substance à sec, par le jeu de la réflexion (568).

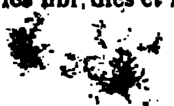
745. Les cristallisations que l'on observe sur le porte-objet, sont toutes formées dans les tissus que l'on dissèque, ou bien elles proviennent de l'action du réactif (46) sur la substance d'essai. Dans ce dernier cas, il faut savoir distinguer la cristallisation du réactif, de celle de la combinaison nouvelle; et pour cela il faut faire cristalliser le réactif sur une lame de verre à part.

CHAPITRE VII.

ÉLIMINATION EN PETIT (162).

746. Les verres de montre sont les capsules évaporatoires qui conviennent le mieux à toute expérience en petit, que l'on se propose de soumettre à l'observation microscopique. On les remplace par les cavités des porte-objets à réactifs (630), lorsque la substance d'essai se trouve en quantité minime. L'évaporation, sur d'aussi faibles quantités, n'a besoin que de la température ordinaire; et en été elle est achevée en une ou deux heures, lorsque l'eau sert de dissolvant; quand c'est, au contraire, l'alcool, l'éther, l'acide acétique, qui remplissent cet office, la durée de cette infiniment petite opération ne dépasse souvent pas deux minutes.

747. Plus ces expériences sont réduites, plus elles réclament de surveillance et de soin, et plus elles doivent être placées à l'abri de la poussière; on s'exposerait autrement à faire entrer toute sorte de corps hétérogènes, dans le nombre des produits de l'évaporation. On aura soin même de bien s'orienter dans le liquide, à mesure que l'évaporation suit sa marche, de compter les fibrilles et les diverses impuretés qui



s'y sont glissées, afin d'en faire la part dans l'étude de l'extrait obtenu. A son début dans l'usage du microscope, un savant physicien de l'Académie avait trouvé et fait figurer, avec la plus grande exactitude, au moins vingt organes nouveaux dans le suc de la fécule; et ces vingt organes n'étaient rien autre que des fibrilles du filtre, tantôt isolées et libres, tantôt feutrées et agglomérées. Prenez garde aussi aux défauts du verre, à ses éraillures et aux érosions produites par l'emploi des réactifs alcalins : tous ces défauts donnent une image qui se confond avec celles qu'on a intérêt à observer; car elles se trouvent les unes et les autres à peu près au même foyer.

Si l'on avait besoin d'évaporer à chaud, la lumière solaire, concentrée par une lentille réfringente, amènerait en quelques instants ce résultat.

748. La CARBONISATION et l'INCINÉRATION (179) ne réclament rien moins que de grands appareils, lorsqu'on se propose d'en étudier les résultats au microscope. Placez le tissu entre deux lames de verre minces (574); approchez cet appareil, par les faces, de la lumière blanche de la flamme d'une chandelle; le tissu, soustrait à l'action de l'air par les lames qui l'emprisonnent, ne s'incinérera pas; mais se dépouillant de l'eau de son organisation, il ne conservera des éléments qui entraient dans sa charpente, que le carbone, lequel n'est pas volatil.

749. Pour incinérer un corps, il suffit de l'appliquer sur une lame de verre très mince, et de l'exposer au feu des charbons incandescents, ou à la flamme de la lampe à alcool. Dans le premier cas, il faut prendre garde que le verre ne se couvre de la cendre des charbons eux-mêmes.

750. Mais avant de procéder à la carbonisation ou à l'incinération, on doit étudier sur la lame de verre les caractères extérieurs, la structure et la disposition du tissu, afin de pouvoir s'orienter, lorsqu'il ne restera plus de tout cela que du charbon et des cendres, et afin de ne commettre aucune méprise dans les réactions auxquelles on doit soumettre la substance désorganisée.

751. La lame de verre doit être présentée peu à peu à la flamme, et doit en être retirée avec les mêmes précautions; on ne la posera sur le porte-objet qu'après son complet refroidissement.

752. Le grillage n'exige pas d'autre appareil; et on y a recours fréquemment dans les analyses microscopiques, pour la détermination de la nature des cristaux. Soit, en effet, un cristal, dont on a reconnu les formes et les principales réactions, sur la lame de verre qui va servir de creuset; si après le grillage il a disparu, sans laisser de résidu sur la lame, on saura qu'il est volatil ou décomposable; si, après le grillage, il fait effervescence dans les acides, ce sera une preuve que son acide était végétal, et qu'il s'est transformé en carbonate par l'action de la chaleur. Le sulfate de chaux, obtenu par la précipitation de l'eau de chaux au moyen de l'acide sulfurique, cristallise subitement en aiguilles, qui ont les plus grands rapports de structure et de dimension avec les cristaux de phosphate de chaux, que nous avons trouvés tout cristallisés dans le tissu des plantes (742), et il serait assez difficile de les distinguer par l'analyse, car les uns et les autres offrent les mêmes conditions de solubilité et d'insolubilité dans l'eau et dans les acides, et sur d'aussi petites quantités, l'acide sulfurique combiné n'offre aucune réaction spéciale qui ne convienne à l'acide phosphorique. C'est par le grillage microscopique qu'on apprendra à distinguer ces deux produits l'un de l'autre; on trouvera, en effet, que, par la chaleur, les petits cristaux de sulfate de chaux se seront délités, coupés en petits étranglements, et comme en chapelet à grains opaques et noirs par réfraction; tandis qu'à la même température, les aiguilles de phosphate de chaux conserveront et leurs formes, et leur aspect cristallin, et leur diaphanéité primitive.

753. En disant que les cristaux des sels à acide végétal se carbonisent au feu, nous n'avons dû comprendre qu'un feu modéré; car si la lame de verre qui sert de creuset au cristal est tenue quelque temps au rouge-blanc, le cristal après le

refroidissement, se dissoudra dans les acides, sans effervescence, parce que le carbonate se sera alcalisé, et que l'acide carbonique aura été éliminé par la chaleur rouge blanche, de même que les éléments gazeux qui lui étaient associés et en faisaient un acide *suî generis*, l'avaient été par la chaleur obscure; il est vrai qu'en restant quelque temps exposée à l'air, la base reprendrait son acide carbonique, et que le résidu du grillage ferait alors effervescence dans un acide.

754. Au moyen d'une puissante lentille réfringente, et en concentrant les rayons solaires sur le porte-objet, on arriverait facilement à carbonater les cristaux à acide végétal, et à alcaliser les carbonates, sous les yeux mêmes de l'observateur. L'alcalisation des cristaux calcaires se manifeste par une incandescence éblouissante.

755. On étudie les effets progressifs de la désagrégation artificielle des tissus, par l'action des acides ou des alcalis, en emprisonnant hermétiquement le réactif et le tissu dans la cavité d'un porte-objet à réactifs (488). Pour étudier au contraire les effets de la désagrégation spontanée des tissus dans l'eau, et sous l'influence de l'air atmosphérique, on se sert de l'auge à bord en cuivre et à fond en verre (fig. 16, pl. 5), que l'on tient remplie d'eau, et que l'on recouvre d'une lame de verre, pour que l'évaporation du liquide soit moins rapide. Ces petites auges sont très commodes pour une foule d'observations, entre autres pour celle de la circulation cellulaire du *chara*, et pour celle de la circulation vasculaire des têtards de la grenouille, et autres animaux transparents.

CHAPITRE VIII.

DISTILLATION EN PETIT (187).

756. L'appareil composé d'une cornue, d'une allonge, et d'un flacon à deux tubulures, que l'on voit disposé sur la table du laboratoire (pl. 3, fig. 1) (332), est un alambic de trop grande dimension encore, dans la plupart des distillations en petit. On peut obtenir le résultat que l'on poursuit, à moins de frais, et avec moins de perte de temps. Il suffit, en effet, d'un tube fermé à la lampe et coudé sur sa longueur (fig. 23, 6), lorsque l'on n'a pas intention de recueillir la substance volatile; ou plutôt d'un tube également fermé que l'on ploie à la lampe en deux ou trois plis (fig. 23, γ), et que l'on tient fixé dans la position convenable, au moyen de la pince (pa) du support (fig. 6). Car si l'on place la substance d'essai dans le cul-de-sac (δ), et que l'on soumette cette extrémité fermée au feu dégagé par une simple bougie, l'évaporation aura lieu, et les vapeurs dégagées viendront se condenser dans la première anse (ε) ou dans les anses suivantes, si l'on juge convenable d'en former un plus grand nombre. A la faveur de ce petit appareil, on pourra même fractionner les produits de la distillation, par ordre des degrés de la température auxquels chacun d'eux se condense; et si la marche de l'expérience l'indique à l'observateur, il pourra, sans déranger l'appareil, soumettre à la lampe successivement les liquides condensés dans chacune des anses du tube. Pour étudier ensuite chaque produit isolément à l'aide des réactifs, on coupera le tube entre chaque anse, par un des procédés ci-dessus décrits (372).

757. La difficulté, comme on le voit, n'est pas de faire sortir les produits, sans les mélanger; mais il sera plus difficile de faire parvenir la substance d'essai au fond du cul-de-

sac (∂), sans qu'elle s'attache aux parois contre lesquelles elle glisse, ce qui ne manquerait pas de dénaturer chaque produit en particulier. On évitera cet inconvénient, si la substance d'essai est assez solide pour pouvoir former des boulettes, en la pétrissant avec de la poudre de grès ou de verre; saupoudrée en effet de ce sable d'une grande pureté, chaque boulette roulera jusqu'au fond, sans rien laisser de sa substance sur les parois du tube, et ce sable, bien loin de nuire à la distillation, en rendra la marche plus rapide, en divisant la substance d'essai.

758. Si la substance est liquide, et qu'elle soit décomposable par le feu, on décomposera toute la quantité qui se sera attachée aux parois, en chauffant à la lampe le tube jusqu'au rouge, à une distance convenable de l'extrémité fermée (∂) qui sert de cucurbite. Si elle n'est décomposable qu'en partie, on lavera le tube avec le menstrue volatil qui la dissout, et que l'on fera parvenir jusqu'au cul-de-sac (∂), en inclinant le tube; et pour enlever jusqu'aux dernières traces de ce menstrue, après le lavage des parois, on fera passer, successivement par la chaleur rouge, toutes les portions du tube qui sont destinées à servir de récipient, en commençant à promener la flamme par le côté du cul-de-sac (∂).

759. On conçoit que chaque anse de cet appareil puisse être soumise à l'observation microscopique, et que, par conséquent, on puisse étudier chaque produit, dans ses molécules intimes, à mesure qu'elles viendront se condenser. On en rendrait l'observation plus distincte, en aplatissant au chalumeau la portion du tube qui sert de récipient, de manière à étendre la capacité de ce petit vase, entre deux parois horizontalement parallèles et fort rapprochées entre elles.

760. Nous prévoyons des circonstances, où le vaisseau d'une plante pourra être, au microscope, tout un alambic pour la substance qu'il renferme, en s'échauffant et s'éclairant à la fois par une lampe placée sous le porte-objet de l'instrument. On pourra voir de la sorte, si la substance incluse est fusible

et volatile, la fusion se manifestant par une plus grande et plus pure transparence, et la volatilisation par des globes fortement réfringents (576), qui se meuvent loin du foyer de chaleur, du côté le plus élevé du tube dans lequel ils se forment.

CHAPITRE IX.

ANALYSE MICROSCOPIQUE DES GAZ ET DES ÉLÉMENTS ORGANIQUES (207).

761. Je ne pense pas exagérer une prétention, en annonçant que tôt ou tard, et à l'aide d'un appareil de la plus grande simplicité, on arrivera à faire au microscope l'analyse élémentaire d'un corps organique, avec plus d'exactitude et en moins de temps que par les appareils en grand. On pourra de la sorte mesurer les gaz sous des plus petits volumes, et soumettre avec succès, à la combustion, les plus faibles quantités de substance.

762. Soit, en effet, un tube de verre d'une belle longueur, d'un fort petit diamètre, et d'une qualité de verre qui permette de le travailler à la lampe (362). Je suppose qu'après avoir pris les dimensions convenables, on l'ait soufflé, aplati et coudé comme l'indique la fig. 10, pl. 2, et qu'on s'y soit pris de la sorte qu'on ait pu remplir la boule soufflée d'un poids connu de manganèse (*mg*), déposer la substance à analyser dans le renflement aplati (*pt*), qui s'appuiera sur le porte-objet du microscope (*mc*); qu'à partir du premier coude, on remplisse le tube de mercure, sans aucune discontinuité et jusque sous l'éprouvette renversée (*ep*); si ensuite on place une lampe à esprit-de-vin sous la boule du manganèse (*mg*), et une autre sous le renflement aplati du porte-objet (*pt*), l'oxigène dégagé du peroxide de manganèse fournira à la combustion de la substance, dont on pourra

rveiller au microscope les phases diverses de désorganisa-
on. Les produits de la combustion, déplaçant le mercure,
ont se loger dans la région supérieure des coudes successifs,
y séjourneront, jusqu'à ce que la chaleur et le dégagement
s gaz les en chassent. Si ces coudes sont en assez grand nom-
e, ils pourront servir de récipient à toute la quantité des
z provenant de la combustion. On enlèvera la lampe de
ssous la boule du manganèse (*mg*), dès que l'observation
icroscopique indiquera qu'il ne reste plus dans le renfle-
ent (*pt*) que les cendres de la substance organique, cen-
es, dont on étudiera d'abord l'aspect et la disposition gé-
rale, pour en étudier après la nature par les réactifs. Si
n s'aperçoit que les coudes (*cd*) du tube renferment, outre
s produits gazeux, des produits oléagineux, ce que l'on re-
nnaîtra très bien au moyen du microscope (*mc'*), on re-
ncera la lampe sous la boule du manganèse (*mg*), et l'on
ûlera les produits de chaque coude successivement, en les
auffant au rouge avec la lampe (*lm'*), que l'on approchera
ı tube par le moyen d'un support. Par suite de ces nouvelles
mbustions, dont on portera le nombre, aussi loin que le
icroscope indiquera de produits oléagineux, on arrivera
opérer le départ des gaz aussi complétement que le ré-
ame l'analyse, et il pourra se faire que le produit définitif
loge en entier dans l'un des derniers coudes. Ce produit se
mposera de l'oxigène dégagé du manganèse, et des élé-
ents organiques de la substance combinés avec la plus
ande quantité de cet oxigène. On connaîtra le poids du
emier par la différence entre le poids du manganèse (*mg*)
ant la combustion, et le poids du même après la combus-
on. Pour obtenir celui-ci, on scellera à la lampe le tube de
rre assez près du renflement (*pt*, , et l'on pèsera la boule
ec son fragment de tube hermétiquement fermé. On pro-
ènera alors la lampe (*lm*) de l'extrémité du renflement (*pt*),
rs les coudes qui servent de récipients aux gaz, de manière
chasser tous les produits aqueux ou gazeux jusque dans

le dernier des coudes, qu'on aura eu soin de graduer avec assez d'exactitude; on pourrait se servir à cet effet d'un tube de petit thermomètre, soudé au tube à combustion et au tube qui plonge sous l'éprouvette. Le produit gazeux occupant un nombre déterminé de divisions, on enlèvera l'éprouvette, dans le cas où elle ne renfermerait aucune bulle de gaz; si l'on casse maintenant le tube au coude inférieur (*cd'*), on pourra introduire, par un entonnoir à mercure et au moyen d'une petite cuve (213), tous les genres de réactifs destinés à absorber un des produits gazeux, et à en donner ainsi la mesure par la mesure des autres. Avec l'eau potassique on absorbera le gaz acide carbonique; avec des petits fragments de phosphore on absorbera l'oxigène libre; quant à l'eau, il sera facile d'en mesurer le volume, car dans ces petits tubes elle se dispose presque comme un gaz. Enfin, l'on déduira, du volume de tous ces produits, le volume de l'oxigène dégagé par le manganèse, volume que l'on obtiendra, en divisant par la densité du gaz, le poids déterminé par la différence des deux pesées.

763. Cela fait, on passera à l'étude des cendres déposées par la combustion, sur les parois internes du renflement (*pd*); on en brisera les deux extrémités, et l'on divisera les surfaces tapissées de sels, en petits fragments, dont chacun sera essayé par un réactif à part.

764. Il est inutile de faire observer qu'on n'arrivera à fixer définitivement la forme et les dimensions de l'appareil, qu'après une série de ces tâtonnements raisonnés, qui redressent les écarts de la théorie, et mettent à chaque pas l'expérience sur la voie.

765. On rencontre fréquemment, dans un tissu vivant, des organes remplis de gaz, dont il importerait beaucoup à la physiologie de pouvoir faire l'analyse exacte, dans le sein de l'organe même et sans déplacement. Ce résultat n'est rien moins que difficile à obtenir au microscope, surtout lorsque c'est le

tissu végétal qui sert de sujet d'étude. Car le gaz se trouve alors assez souvent dans la capacité d'un tube cylindrique, qui devient ainsi un eudiomètre, où l'on peut fractionner les indications de l'analyse, tout aussi bien que dans les eudiomètres en grand. Soit, en effet, un tube vasculaire ou interstitial, rempli d'un mélange d'oxigène et d'azote; il suffira de déposer, à son orifice et sur sa surface, des fragments de phosphore, pour absorber l'oxigène, même à travers les parois du tube. Par le procédé de la double vue (510), on déterminera les rapports de volume de la portion absorbée et de la portion de gaz restante. Si celle-ci résiste à l'action de l'eau de potasse étendue, et si, avant la première expérience, l'étincelle électrique n'a point diminué le volume du mélange, il sera reconnu que la portion de gaz qui reste est de l'azote (*).

766. Que si l'eau de potasse, assez étendue pour ne pas altérer et affaisser les tissus, diminue le volume du gaz emprisonné dans une cellule ou dans un tube, la portion absorbée sera de l'acide carbonique, dont le rapport avec le volume du gaz qui résiste sera donné par le procédé de la double vue.

767. Pour faire passer l'étincelle électrique à travers le mélange gazeux, il suffira d'amener, à une distance d'un centimètre, sur le porte-objet en verre, les deux boules métalliques (α) de l'eudiomètre (pl. 2, fig. 2) (234), de manière que l'organe plein de gaz se trouve exactement sur le passage de l'étincelle. Qu'une fois cette disposition achevée, on veuille reconnaître si un gaz est ou non de l'hydrogène, il sera nécessaire de mettre en contact, avec ce volume de gaz préalablement déterminé, une quantité quelconque de gaz oxigène. On y parviendra, en recouvrant d'une lame de verre l'organe plongé sous une nappe d'eau, et glissant sous la lame, qui dès ce moment servira d'eudiomètre, l'extrémité effilée d'un tube de verre adapté au réservoir d'où doit se dégager l'oxigène; ce gaz viendra se loger, sous la lame de verre, en contact avec

(*) Voy. *Nouv. syst. de physiologie végét. et de botan.* Tom. II, § 1320.

objet à réactifs (486) [illegible] l'on soit parvenu en effet à mesurer la plus grande profondeur de l'une de ces cavités circulaires, après avoir marqué d'un point le centre du segment au moyen du compas. Si l'on remplit cette cavité d'un liquide donné, et qu'on y projette un corps solide moins pesant que le liquide, celui-ci s'arrêtera ou à la surface, ou à une certaine profondeur, mais sans aller jusqu'au fond. On connaîtra à quelle profondeur il s'arrête au moyen du procédé ci-dessus, et l'on pourra de la sorte établir, par l'expérience, d'après une nouvelle méthode, les rapports de densité, entre les divers corps de la nature, qui ne sont susceptibles d'être observés que sous des volumes infiniment petits.

773. A l'opacité seule d'un corps projeté sur un liquide, on reconnaît assez souvent (577) que ce corps est resté à la surface et ne s'est pas même mouillé, et que dès lors, au lieu d'être observé dans le liquide, il est en réalité observé dans l'air.

774. La différence de densité de deux substances peut être indiquée par la manière dont l'une et l'autre réfractent les rayons lumineux; mais un tel procédé ne saurait donner qu'une indication relative, et non une mesure de précision. Les modifications apportées au pouvoir réfringent d'une substance, par l'imbibition du liquide ambiant, ne laissent pas que d'offrir des ressources précieuses à l'observation anatomique des tissus. Supposons, par exemple, un organe sphérique et transparent d'une pâte en apparence homogène; si, après un séjour plus ou moins prolongé dans un liquide, l'aspect de l'organe change, qu'une portion acquière une plus grande transparence que l'autre, que l'une s'éclaircisse, quand l'autre s'assombrit; ce sera la preuve la moins contestable de l'existence de deux substances au moins, dont l'une absorbe le liquide et possède un pouvoir réfringent plus ou moins voisin de celui-ci, et dont l'autre n'a aucune affinité pour ce menstrue, ou s'en imbibe, sans s'y étendre et sans s'y alté-

er. En variant les menstrues, en combinant les faits avec les
iductions, les images réfractées avec les principes de la ré-
'action, les données de l'expérience en petit avec celles de
expérience en grand, on parviendra avec une facilité qu'on
urait de la peine à concevoir d'avance, on parviendra, dis-je, à
istinguer les tissus et les substances solubles, les substances
olubles dans tel ou tel menstrue, ou bien celles qui, sans
tre solubles, s'assimilent le liquide, et s'étendent en se l'as-
imilant.

CHAPITRE X.

SYNTHÈSE DE L'OBSERVATION DES INFINIMENT PETITS (319).

775. Le premier et presque l'unique principe de la syn-
thèse appliquée à l'étude des infiniment petits, c'est qu'elle
ne diffère en rien de la synthèse qui nous dirige dans l'étude
des infiniment grands; et cette proposition, qui porte le cachet
d'une évidence ordinaire, a pourtant été, il y aura bientôt
dix ans, le signal de toute une révolution scientifique.

776. Raisonnez donc des objets que vous ne distinguez
qu'à l'aide d'une lentille réfringente, comme vous raisonnez
les objets que vous pouvez distinguer à l'œil nu. Mais obser-
vez que les premiers vous apparaissent, pour ainsi dire, à
distance; qu'on les voit, sans les entendre, sans les toucher, et
sans les manier; il faut donc apporter dans leur étude, la ré-
serve, la persévérance, et la maturité, qui servent de guide
à l'homme de sens et de raison, lorsqu'il se propose de recon-
naître la nature et les rapports des objets placés à de grandes
distances. Car ici il faut attendre du hasard la circonstance
qu'on obtient ailleurs de la manipulation ou d'une série de re-
cherches; et le hasard ne revient pas deux fois avec les mêmes

CHAPITRE VIII.

DISTILLATION EN PETIT (187).

756. L'appareil composé d'une cornue, d'une allonge, et d'un flacon à deux tubulures, que l'on voit disposé sur la table du laboratoire (pl. 3, fig. 1) (332), est un alambic de trop grande dimension encore, dans la plupart des distillations en petit. On peut obtenir le résultat que l'on poursuit, à moins de frais, et avec moins de perte de temps. Il suffit, en effet, d'un tube fermé à la lampe et coudé sur sa longueur (fig. 23, δ), lorsque l'on n'a pas intention de recueillir la substance volatile; ou plutôt d'un tube également fermé que l'on ploie à la lampe en deux ou trois plis (fig. 23, γ), et que l'on tient fixé dans la position convenable, au moyen de la pince (px) du support (fig. 6). Car si l'on place la substance d'essai dans le cul-de-sac (δ), et que l'on soumette cette extrémité fermée au feu dégagé par une simple bougie, l'évaporation aura lieu, et les vapeurs dégagées viendront se condenser dans la première anse (ε) ou dans les anses suivantes, si l'on juge convenable d'en former un plus grand nombre. A la faveur de ce petit appareil, on pourra même fractionner les produits de la distillation, par ordre des degrés de la température auxquels chacun d'eux se condense; et si la marche de l'expérience l'indique à l'observateur, il pourra, sans déranger l'appareil, soumettre à la lampe successivement les liquides condensés dans chacune des anses du tube. Pour étudier ensuite chaque produit isolément à l'aide des réactifs, on coupera le tube entre chaque anse, par un des procédés ci-dessus décrits (372).

757. La difficulté, comme on le voit, n'est pas de faire sortir les produits, sans les mélanger; mais il sera plus difficile de faire parvenir la substance d'essai au fond du cul-de-

(δ), sans qu'elle s'attache aux parois contre lesquelles
glisse, ce qui ne manquerait pas de dénaturer chaque
duit en particulier. On évitera cet inconvénient, si la
stance d'essai est assez solide pour pouvoir former des
llettes, en la pétrissant avec de la poudre de grès ou de
re; saupoudrée en effet de ce sable d'une grande pureté,
ique boulette roulera jusqu'au fond, sans rien laisser de sa
stance sur les parois du tube, et ce sable, bien loin de
ire à la distillation, en rendra la marche plus rapide, en
isant la substance d'essai.

758. Si la substance est liquide, et qu'elle soit décompo-
ble par le feu, on décomposera toute la quantité qui se sera
achée aux parois, en chauffant à la lampe le tube jusqu'au
ge, à une distance convenable de l'extrémité fermée (δ)
i sert de cucurbite. Si elle n'est décomposable qu'en partie,
lavera le tube avec le menstrue volatil qui la dissout, et que
n fera parvenir jusqu'au cul-de-sac (δ), en inclinant le tube;
pour enlever jusqu'aux dernières traces de ce menstrue,
ès le lavage des parois, on fera passer, successivement par
chaleur rouge, toutes les portions du tube qui sont desti-
s à servir de récipient, en commençant à promener la
mme par le côté du cul-de-sac (δ).

759. On conçoit que chaque anse de cet appareil puisse
soumise à l'observation microscopique, et que, par con-
uent, on puisse étudier chaque produit, dans ses molécules
imes, à mesure qu'elles viendront se condenser. On en
drait l'observation plus distincte, en aplatissant au chalu-
au la portion du tube qui sert de récipient, de manière à
ndre la capacité de ce petit vase, entre deux parois horizon-
ement parallèles et fort rapprochées entre elles.

760. Nous prévoyons des circonstances, où le vaisseau
ne plante pourra être, au microscope, tout un alambic pour
substance qu'il renferme, en s'échauffant et s'éclairant à la
s par une lampe placée sous le porte-objet de l'instrument.
pourra voir de la sorte, si la substance incluse est fusible

et volatile, la fusion se manifestant par une plus grande et plus pure transparence, et la volatilisation par des globes fortement réfringents (576), qui se meuvent loin du foyer de chaleur, du côté le plus élevé du tube dans lequel ils se forment.

CHAPITRE IX.

ANALYSE MICROSCOPIQUE DES GAZ ET DES ÉLÉMENTS ORGANIQUES (207).

761. Je ne pense pas exagérer une prétention, en annonçant que tôt ou tard, et à l'aide d'un appareil de la plus grande simplicité, on arrivera à faire au microscope l'analyse élémentaire d'un corps organique, avec plus d'exactitude et en moins de temps que par les appareils en grand. On pourra de la sorte mesurer les gaz sous des plus petits volumes, et soumettre avec succès, à la combustion, les plus faibles quantités de substance.

762. Soit, en effet, un tube de verre d'une belle longueur, d'un fort petit diamètre, et d'une qualité de verre qui permette de le travailler à la lampe (362). Je suppose qu'après avoir pris les dimensions convenables, on l'ait soufflé, aplati et coudé comme l'indique la fig. 10, pl. 2, et qu'on s'y soit pris de la sorte qu'on ait pu remplir la boule soufflée d'un poids connu de manganèse (*mg*), déposer la substance à analyser dans le renflement aplati (*pt*), qui s'appuiera sur la porte-objet du microscope (*mc*) ; qu'à partir du premier coude, on remplisse le tube de mercure, sans aucune discontinuité et jusque sous l'éprouvette renversée (*ep*) ; si ensuite on place une lampe à esprit-de-vin sous la boule du manganèse (*mg*), et une autre sous le renflement aplati du porte-objet (*pt*), l'oxigène dégagé du peroxide de manganèse fournira à la combustion de la substance, dont on pourra

surveiller au microscope les phases diverses de désorganisation. Les produits de la combustion, déplaçant le mercure, iront se loger dans la région supérieure des coudes successifs, et y séjourneront, jusqu'à ce que la chaleur et le dégagement des gaz les en chassent. Si ces coudes sont en assez grand nombre, ils pourront servir de récipient à toute la quantité des gaz provenant de la combustion. On enlèvera la lampe de dessous la boule du manganèse (*mg*), dès que l'observation microscopique indiquera qu'il ne reste plus dans le renflement (*pt*) que les cendres de la substance organique, cendres, dont on étudiera d'abord l'aspect et la disposition générale, pour en étudier après la nature par les réactifs. Si l'on s'aperçoit que les coudes (*cd*) du tube renferment, outre les produits gazeux, des produits oléagineux, ce que l'on reconnaîtra très bien au moyen du microscope (*mc'*), on replacera la lampe sous la boule du manganèse (*mg*), et l'on brûlera les produits de chaque coude successivement, en les chauffant au rouge avec la lampe (*lm'*), que l'on approchera du tube par le moyen d'un support. Par suite de ces nouvelles combustions, dont on portera le nombre, aussi loin que le microscope indiquera de produits oléagineux, on arrivera à opérer le départ des gaz aussi complétement que le réclame l'analyse, et il pourra se faire que le produit définitif se loge en entier dans l'un des derniers coudes. Ce produit se composera de l'oxigène dégagé du manganèse, et des éléments organiques de la substance combinés avec la plus grande quantité de cet oxigène. On connaîtra le poids du premier par la différence entre le poids du manganèse (*mg*) avant la combustion, et le poids du même après la combustion. Pour obtenir celui-ci, on scellera à la lampe le tube de verre assez près du renflement (*pt*), et l'on pèsera la boule avec son fragment de tube hermétiquement fermé. On promènera alors la lampe (*lm*) de l'extrémité du renflement (*pt*), vers les coudes qui servent de récipients aux gaz, de manière à chasser tous les produits aqueux ou gazeux jusque dans

le dernier des coudes, qu'on aura eu soin de graduer avec assez d'exactitude; on pourrait se servir à cet effet d'un tube de petit thermomètre, soudé au tube à combustion et au tube qui plonge sous l'éprouvette. Le produit gazeux occupant un nombre déterminé de divisions, on enlèvera l'éprouvette, dans le cas où elle ne renfermerait aucune bulle de gaz; si l'on casse maintenant le tube au coude inférieur (*cd'*), on pourra introduire, par un entonnoir à mercure et au moyen d'une petite cuve (213), tous les genres de réactifs destinés à absorber un des produits gazeux, et à en donner ainsi la mesure par la mesure des autres. Avec l'eau potassique on absorbera le gaz acide carbonique; avec des petits fragments de phosphore on absorbera l'oxigène libre; quant à l'eau, il sera facile d'en mesurer le volume, car dans ces petits tubes elle se dispose presque comme un gaz. Enfin, l'on déduira, du volume de tous ces produits, le volume de l'oxigène dégagé par le manganèse, volume que l'on obtiendra, en divisant par la densité du gaz, le poids déterminé par la différence des deux pesées.

763. Cela fait, on passera à l'étude des cendres déposées par la combustion, sur les parois internes du renflement (*pt*); on en brisera les deux extrémités, et l'on divisera les surfaces tapissées de sels, en petits fragments, dont chacun sera essayé par un réactif à part.

764. Il est inutile de faire observer qu'on n'arrivera à fixer définitivement la forme et les dimensions de l'appareil, qu'après une série de ces tâtonnements raisonnés, qui redressent les écarts de la théorie, et mettent à chaque pas l'expérience sur la voie.

765. On rencontre fréquemment, dans un tissu vivant, des organes remplis de gaz, dont il importerait beaucoup à la physiologie de pouvoir faire l'analyse exacte, dans le sein de l'organe même et sans déplacement. Ce résultat n'est rien moins que difficile à obtenir au microscope, surtout lorsque c'est le

tissu végétal qui sert de sujet d'étude. Car le gaz se trouve alors assez souvent dans la capacité d'un tube cylindrique, qui devient ainsi un eudiomètre, où l'on peut fractionner les indications de l'analyse, tout aussi bien que dans les eudiomètres en grand. Soit, en effet, un tube vasculaire ou interstitial, rempli d'un mélange d'oxigène et d'azote ; il suffira de déposer, à son orifice et sur sa surface, des fragments de phosphore, pour absorber l'oxigène, même à travers les parois du tube. Par le procédé de la double vue (510), on déterminera les rapports de volume de la portion absorbée et de la portion de gaz restante. Si celle-ci résiste à l'action de l'eau de potasse étendue, et si, avant la première expérience, l'étincelle électrique n'a point diminué le volume du mélange, il sera reconnu que la portion de gaz qui reste est de l'azote (*).

766. Que si l'eau de potasse, assez étendue pour ne pas altérer et affaisser les tissus, diminue le volume du gaz emprisonné dans une cellule ou dans un tube, la portion absorbée sera de l'acide carbonique, dont le rapport avec le volume du gaz qui résiste sera donné par le procédé de la double vue.

767. Pour faire passer l'étincelle électrique à travers le mélange gazeux, il suffira d'amener, à une distance d'un centimètre, sur le porte-objet en verre, les deux boules métalliques (α) de l'eudiomètre (pl. 2, fig. 2) (234), de manière que l'organe plein de gaz se trouve exactement sur le passage de l'étincelle. Qu'une fois cette disposition achevée, on veuille reconnaître si un gaz est ou non de l'hydrogène, il sera nécessaire de mettre en contact, avec ce volume de gaz préalablement déterminé, une quantité quelconque de gaz oxigène. On y parviendra, en recouvrant d'une lame de verre l'organe plongé sous une nappe d'eau, et glissant sous la lame, qui dès ce moment servira d'eudiomètre, l'extrémité effilée d'un tube de verre adapté au réservoir d'où doit se dégager l'oxigène ; ce gaz viendra se loger, sous la lame de verre, en contact avec



(*) Voy. *Nouv. syst. de physiologie végét. et de botan.* Tom. II, § 1320.

l'extrémité ouverte du tube organique et vasculaire qui renferme l'hydrogène. C'est alors que l'on fait passer l'étincelle électrique à travers le mélange. L'habitude apprendra plus d'une ressource, pour que l'expérience soit décisive et ne laisse aucun doute dans l'esprit de l'observateur.

768. Je ne pense pas qu'il soit nécessaire de rappeler à l'observateur que la dissection du tissu doit se faire, dans ce cas, sous l'eau ou toute autre espèce de liquide, afin de n'être pas exposé à prendre, pour un produit gazeux de la végétation, l'air extérieur qui ne manquerait pas de se glisser dans la capacité des interstices ou des tubes vasculaires des plantes.

769. On a déjà vu (734) comment on pouvait reconnaître qu'un organe est creux et rempli d'un liquide soluble, en y faisant entrer l'air à la place du liquide. Ce procédé est dans le cas de rendre plus d'un service à l'observation dirigée par la nouvelle méthode.

770. Les procédés que nous venons de décrire ont trop de points de contact avec le *jaugeage* (734) et le *pesage* (295) microscopiques, pour que nous ne traitions pas, dans ce chapitre, de ces deux opérations, qui, dans la seconde section, appartiennent au chapitre de la synthèse (271).

771. Il est facile au microscope de mesurer des surfaces, et de déterminer les rapports de deux dimensions, de la longueur et de la largeur. Il n'en est pas de même de la profondeur; car jusqu'à ce jour on n'avait pas senti la nécessité d'avoir à sa disposition un procédé microscopique propre à mesurer les volumes. Mais il ne manque à la monture du microscope, pour fournir ce résultat, qu'une graduation que l'on peut exécuter soi-même et sans beaucoup de frais. En effet, le bouton (t fait monter ou descendre la platine horizontale (*pl*, fig. 1, pl. 5), en vertu d'un pignon denté qui tourne, en s'engrenant, dans une crémaillère; or, que l'on gradue, sur la monture



le la tige, ou sur un carton atta[illegible]ses parois, un arc de ercle concentrique au bouton ; et [illegible] l'on trace ensuite sur a tige (*tg*) et au-dessus de la gaîne à crémaillère (*cr*), une ègle divisée en millimètres. En notant sur la circonférence lu bouton (*b*), le point qui correspond au zéro de l'arc graué, et en marquant zéro au trait de la règle graduée que ecouvre le bord supérieur de la gaîne à crémaillère (*cr*) ; il era facile, en tournant le bouton (*b*), de déterminer de combien il faut tourner celui-ci, pour faire avancer d'un millinètre la platine (*pl*) du porte-objet du microscope, et par onséquent de savoir de combien de fractions de millimètre haque degré du bouton fait avancer la platine. Cela étant econnu avec précision, soit un objet microscopique placé sur e porte-objet, et dont on veut mesurer la profondeur, pour rriver à en déterminer le volume, on en amène la surface upérieure au foyer (561), on note alors, sur la circonférence lu bouton, à l'encre rouge ou à l'encre de Chine, ce point de a circonférence, qui correspond au zéro de l'arc de cercle graué ; et l'on fait ensuite avancer la platine, jusqu'à ce que la urface inférieure de l'objet observé soit à son tour arrivée u foyer du microscope. En lisant alors sur l'arc gradué la marche de la circonférence du bouton (*b*), on saura de combien de fractions de millimètre la platine a avancé, pour amener la surface inférieure de l'objet microscopique à la hauteur où se trouvait, au commencement de l'opération, la surface supérieure, et par conséquent on connaîtra, en fractions de millimètre, la dimension en profondeur de l'objet, dimension qui, combinée avec celles de surface, d'après les règles du jaugeage, donnera le volume de la capacité ou du solide observé.

772. Au moyen du même appareil, on arrivera à constater non pas le poids des corps observés, mais les rapports de leurs pesanteurs spécifiques, et on aura une balance, pour ainsi dire hydrostatique, dans la simple cavité d'un *porte-*

objet à réactifs (486), que l'on soit parvenu en effet à mesurer la plus grande profondeur de l'une de ces cavités circulaires, après avoir marqué d'un point le centre du segment au moyen du compas. Si l'on remplit cette cavité d'un liquide donné, et qu'on y projette un corps solide moins pesant que le liquide, celui-ci s'arrêtera ou à la surface, ou à une certaine profondeur, mais sans aller jusqu'au fond. On connaîtra à quelle profondeur il s'arrête au moyen du procédé ci-dessus, et l'on pourra de la sorte établir, par l'expérience, d'après une nouvelle méthode, les rapports de densité, entre les divers corps de la nature, qui ne sont susceptibles d'être observés que sous des volumes infiniment petits.

773. A l'opacité seule d'un corps projeté sur un liquide, on reconnaît assez souvent (577) que ce corps est resté à la surface et ne s'est pas même mouillé, et que dès lors, au lieu d'être observé dans le liquide, il est en réalité observé dans l'air.

774. La différence de densité de deux substances peut être indiquée par la manière dont l'une et l'autre réfractent les rayons lumineux; mais un tel procédé ne saurait donner qu'une indication relative, et non une mesure de précision. Les modifications apportées au pouvoir réfringent d'une substance, par l'imbibition du liquide ambiant, ne laissent pas que d'offrir des ressources précieuses à l'observation anatomique des tissus. Supposons, par exemple, un organe sphérique et transparent d'une pâte en apparence homogène; si, après un séjour plus ou moins prolongé dans un liquide, l'aspect de l'organe change, qu'une portion acquière une plus grande transparence que l'autre, que l'une s'éclaircisse, quand l'autre s'assombrit; ce sera la preuve la moins contestable de l'existence de deux substances au moins, dont l'une absorbe le liquide et possède un pouvoir réfringent plus ou moins voisin de celui-ci, et dont l'autre n'a aucune affinité pour ce menstrue, ou s'en imbibe, sans s'y étendre et sans s'y alté-

er. En variant les menstrues, en combinant les faits avec les
iductions, les images réfractées avec les principes de la réfraction, les données de l'expérience en petit avec celles de
expérience en grand, on parviendra avec une facilité qu'on
urait de la peine à concevoir d'avance, on parviendra, dis-je, à
istinguer les tissus et les substances solubles, les substances
olubles dans tel ou tel menstrue, ou bien celles qui, sans
tre solubles, s'assimilent le liquide, et s'étendent en se l'assimilant.

CHAPITRE X.

SYNTHÈSE DE L'OBSERVATION DES INFINIMENT PETITS (319).

775. Le premier et presque l'unique principe de la synthèse appliquée à l'étude des infiniment petits, c'est qu'elle
ne diffère en rien de la synthèse qui nous dirige dans l'étude
des infiniment grands; et cette proposition, qui porte le cachet
d'une évidence ordinaire, a pourtant été, il y aura bientôt
dix ans, le signal de toute une révolution scientifique.

776. Raisonnez donc des objets que vous ne distinguez
qu'à l'aide d'une lentille réfringente, comme vous raisonnez
des objets que vous pouvez distinguer à l'œil nu. Mais observez que les premiers vous apparaissent, pour ainsi dire, à
distance; qu'on les voit, sans les entendre, sans les toucher, et
sans les manier; il faut donc apporter dans leur étude, la réserve, la persévérance, et la maturité, qui servent de guide
à l'homme de sens et de raison, lorsqu'il se propose de reconnaître la nature et les rapports des objets placés à de grandes
distances. Car ici il faut attendre du hasard la circonstance
qu'on obtient ailleurs de la manipulation ou d'une série de recherches; et le hasard ne revient pas deux fois avec les mêmes

caractères; c'est à la patience de l'esprit, qui est le
des sciences, à féconder ce germe à peine ébauché, qu
casion fugitive a jeté comme une étincelle aux yeux d
servateur.

777. Méfiez-vous de la première vue; c'est l'œil de
gie, mais le fléau de la science; elle enfante des mer
jamais une vérité; elle éblouit le spectateur, mais l'ol
teur ne tarde pas à en faire justice. Notez et dessinez t
que vous verrez pour la première fois; ne commence
terpréter qu'à la dixième; ne décidez que du mom
l'observation qui suit, ne vous indiquera plus rien à
cher de l'observation qui précède. Vous dire ensuite d'
l'instant où la vérité se révèlera, vous compter le nom
faux pas que vous ferez, avant d'arriver au terme de l
rière, vous décrire les signes auxquels vous reconnaît
but où tend à vous conduire une observation de déta
serait vouloir vous apprendre ce qui est en vous, vo
crire vos propres impressions, et vous révéler votr
science. L'évidence est un point mathématique, qui se
à la rencontre d'un nombre indéterminé de lignes trac
l'observation. Si vous ne pouvez nous donner l'inclinai
ces diverses lignes, comment vous rendrions-nous en r
la distance du point où elles vont converger?

778. Mais après avoir fait ces quelques pas dans l'étu
molécules, n'allons pas nous arrêter tout-à-coup; c
avant la découverte des verres grossissants, on s'était
aux limites de la vision distincte. Restons en garde contr
idée, que tout ce que le microscope ne nous mont
grand est petit, que tout ce qu'il ne nous montre pas c
qué est d'une simplicité extrême; et qu'il n'y a pas
chose enfin, dans un être, que ce que nous y font voir le
forts grossissements. Cette manière de raisonner, qui
rait les limites de l'organisation et de l'existence aux li
du grossissement, ne ferait que reculer d'un cran l'erre
nos ancêtres, qui ne supposaient plus rien au-delà des li

la vision; il faudrait recommencer et avancer le jalon à ique perfectionnement apporté au grossissement des len-es. N'établissons pas que la monade, ce globule animé, , à nos plus forts grossissements, apparaît à peine avec le mètre d'un millimètre, est dépourvue des organes que is distinguons sur les infusoires, qui, au même grossisse-nt, apparaissent occupant une surface de plusieurs centimè-s; mais supposons plutôt qu'un petit être qui court, fuit, ınce et recule comme un grand, doit obéir aux mêmes le-rs que l'autre. A une lentille d'un pouce, le grand nous raît aussi simple dans sa structure, que nous paraît le tit à un plus fort grossissement; raisonnons de celui-ci, mme du grand que nous observons à une faible lentille, et mandons à l'analogie ce que nous refusent nos moyens ac-els d'observation.

779. L'ANALOGIE EST INFAILLIBLE, TOUTES LES FOIS QU'ELLE FAIT QUE CONTINUER LA LIGNE DROITE, QU'A TRACÉE L'OB-RVATION DES FAITS. C'EST UNE PROGRESSION PAR QUOTIENT OU R DIFFÉRENCE, QUI ABOUTIT A L'ÉVIDENCE, QUAND L'OBSERVA-ON EXACTE EN A DONNÉ LA RAISON ET EN A POSÉ LES PREMIERS RMES. Ce principe fondamental sera, plus d'une fois pour us, fécond en conséquences *inattendues*.

DEUXIÈME PARTIE.

SYSTÈME
OU
CHIMIE DESCRIPTIVE.

780. Nous avons décrit, dans la première partie, la méthode qui doit présider aux opérations; nous avons à exposer, dans cette deuxième partie, la méthode qui doit conduire à l'interprétation des phénomènes. Dans l'une, nous avons appris à manipuler sagement; dans l'autre, il nous faut apprendre à raisonner et à déduire, c'est-à-dire à chercher l'analogie qui lie entre eux les faits observés, afin de les ranger selon l'ordre de leurs rapports, et de pouvoir les retrouver au besoin, dans l'intérêt des études subséquentes. Ce n'est point là encore la théorie qui s'élève haut, et tente de remonter jusqu'à la cause; ce n'est encore que le système, qui marche terre à terre, et s'arrête au classement des faits observés.

L'exposition de tout système se divise en deux parties très distinctes. Dans l'une, on en développe les bases; dans l'autre, on en fait l'application; dans l'une, on s'attache à grouper les généralités; dans l'autre, on énumère les détails; l'une est le SYSTÈME proprement dit, et l'autre en est la CLASSIFICATION. Nous adopterons cette division dans cette seconde partie.

781. Le système diffère de la classification, comme l'histoire diffère de la chronologie, comme la synthèse diffère de l'analyse, comme le résumé diffère du catalogue, comme l'exposition diffère de la table par ordre des matières. La classification procède par dichotomies, par divisions et subdivisions divergentes; elle dissèque; le système coordonne, c'est un cercle continu; on peut le prendre par tous les points

de la circonférence, on est sûr de revenir au point de départ. La classification enfin, c'est l'inventaire des acquisitions de la science; le système est l'expression de la théorie. Aussi le système est faux ou vrai, la classification est bonne ou mauvaise.

782. La nomenclature est le vocabulaire de l'une et de l'autre.

PREMIÈRE SECTION.

SYSTÈME DE CHIMIE ORGANIQUE.

783. Le caractère par lequel le système se révèle, est tout entier dans la simplicité de son énoncé; il n'est rien moins que découvert, dès qu'il se complique; car le système est la raison d'une progression dont les faits constituent les termes. La raison d'une progression est une, quoiqu'elle serve et qu'elle explique à l'infini. Non pas qu'un système vrai soit par cela seul invariable; il changera au contraire, une fois que de nouveaux faits viendront s'intercaler entre chacun de ceux qui formaient la première série; nous aurons alors une nouvelle raison, un nouveau rapport, un nouveau système, tout aussi vrai qu'était le premier, dans la première hypothèse. Le système le meilleur n'est pas celui qui ne change jamais; c'est celui qui exprime un rapport vrai, et qui prépare un autre système, en traçant la route qui conduit au plus grand nombre de faits nouveaux.

784. Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'esprit de l'homme s'est appliqué à rechercher les lois, en vertu desquelles les corps de la nature s'associent ou se séparent, se combinent ou se décomposent; car ce n'est pas d'aujourd'hui que l'esprit de l'homme est empreint d'une irrésistible tendance à se rendre compte des phénomènes qui frappent ses regards, et à deviner la cause, à l'instant où apparaît l'effet. Tubalcaïn dut se faire une théorie, en voyant les métaux couler liqui-

des, diaphanes et brûlants, sous l'influence de la flamme, et reprendre leur première consistance et leur première opacité en refroidissant. Avant lui, on avait dû s'expliquer, d'une manière satisfaisante, la combustion des corps organisés; et l'idée du néant date peut-être de l'époque, où l'étincelle que le choc avait fait jaillir du caillou, s'attachant à la paille desséchée, s'élançait bientôt dans les airs, comme un monstre de flamme, dévorant les arbres et les animaux, et ne laissant après elle d'autre trace visible de tout ce qu'on avait vu auparavant, qu'un peu de terre plus blanche que l'autre, et qui finissait par noircir à son tour. Ainsi, sous la puissance de la flamme, les corps organisés s'étaient partagés en air et en terre; mais auparavant ils renfermaient visiblement de l'eau; le feu, l'air, la terre et l'eau furent dès lors les quatre matières premières, avec lesquelles la main de la nature avait pétri tous les êtres qu'il est donné à l'homme de contempler; ils formaient les quatre éléments, dont tous les êtres de la création étaient des combinaisons en proportions variables.

785. L'alchimie qui recueillit les substances aériformes, qui les emprisonna comme des corps visibles, qui leur reconnut la puissance de déplacer l'eau et les liquides, se fit nécessairement une idée mieux arrêtée de l'air et de tout ce qui lui ressemble. L'air n'en fut pas moins une substance, tout invisible qu'il était, puisqu'il était capable de lutter avec les substances visibles; on désigna toutes les substances de ce genre sous le nom de *gaz* (esprits follets), dénomination métaphorique que nous aurions tort de regarder comme superstitieuse; car si l'on voulait déduire la preuve de la superstition d'un auteur, de la nomenclature qu'il adopte, il n'est pas une expression de nos diverses nomenclatures scientifiques, qui ne nous constituât en flagrant délit de superstition et de magie naturelle. N'avons-nous pas maintenu les noms de gaz et d'esprits alcooliques et éthérés? n'avons-nous pas déposé la foudre (*fulminates*) dans une capsule de trois millimètres? n'avons-nous pas conservé au

phosphoro, l'épithète de *lucifer* et d'*hesperus?* Les alchimistes, animés d'une foi si vive et si désintéressée dans la toute-puissance de la science, n'étaient certes pas des superstitieux croyants; eux, si savants et si positifs dans les faits observés, n'étaient rien moins que crédules dans les généralités. Riches de savoir, mais pauvres de cet or, sans lequel le travailleur perd l'espoir de reculer les bornes de la science, ils ne tardèrent pas à s'apercevoir que, pour en obtenir, il valait mieux flatter la stupide avarice que de stimuler la générosité; ils demandèrent de l'or, en promettant de faire de l'or. Les grands et leurs peuples tombèrent dans le piége; ils donnèrent de l'or à la science, qui leur rendit des gaz, en leur promettant mieux, et en leur laissant en nantissement la formule inintelligible du *grand arcane*; bien convaincue que, si jamais elle parvenait à leur composer de l'or avec des terres, elle ne leur aurait pas fait un cadeau moins vain que ses gaz; car l'or cesserait d'avoir le prix de l'or, s'il devenait aussi commun que la pierre. Ce n'est pas non plus d'aujourd'hui qu'à l'instant, où le grand semble se jouer de l'homme qui pense, et le faire servir à ses ébats, en lui jetant une obole ou lui cinglant un coup de fouet, il est, dans le coin de ce bas monde, un prométhée qui rit de tant de riches extravagances, et semble se prêter aux caprices de la puissance, afin de transformer son or en vérités. Aux yeux de ceux qui s'amusent, ces prométhées ont été de tout temps de grands fous, qu'ils s'appellent chimistes ou alchimistes.

786. Il est fâcheux pour la science que, dans la crainte de montrer à nu toute leur sagesse, les alchimistes aient peu écrit, ou n'aient écrit qu'en langage hiéroglyphique; il est fâcheux qu'ils ne nous aient transmis que par tradition les faits nombreux dont ils ont enrichi la métallurgie; tout indique, en effet, que dans leurs écrits on aurait trouvé plus d'un germe d'une bonne théorie. Mais les illustres sots, dont ils exploitaient les travers au profit de la science, auraient deviné dès cet instant que le *grand arcane* de l'alchimie n'était pas

le secret de faire de l'or; et peut-être alors l'auto-da-fé serait devenu le dernier creuset de l'alchimiste.

787. Ce que nous disons est d'autant plus vraisemblable, que, dès que l'alchimie eut le droit d'écrire sans se compromettre, elle se montra travaillée du noble désir d'expliquer et d'interpréter. Dès que l'invention de l'imprimerie eut donné au sage la publicité pour avocat, on vit le système déchirer le voile de l'allégorie, se débarrasser du masque obligé de la magie naturelle, et se produire à nu, comme une pensée qui n'a d'autre cortége que les faits observés.

Il serait aussi instructif qu'intéressant d'avoir une bonne histoire des progrès systématiques de la chimie, ou plutôt des sciences d'observation, à dater de la découverte de l'imprimerie. Notre tâche n'est pas ici de remonter si haut; nous ne nous arrêterons qu'aux théories culminantes, à celles qui offrent le caractère d'une grande généralité.

§ I. HISTOIRE DE LA THÉORIE ATOMISTIQUE.

788. Sous ce dernier rapport, l'histoire de la théorie commence certainement à Stahl, qui, admettant le phénomène de l'ignition, comme une substance, à laquelle il donna le nom de phlogistique (*phlogisticon*), expliquait ainsi avec un rare bonheur, non seulement la combustion, mais encore les diverses combinaisons chimiques. Il y avait, en effet, à ses yeux, combustion et combinaison, par le dégagement du phlogistique, qui produisait le feu ou la chaleur.

789. Mais Bayen fit plus tard observer qu'il était impossible d'expliquer, de cette manière, la réduction du mercure opérée sans l'addition d'aucune substance combustible. Lavoisier démontra que la destruction de la combustibilité, au lieu d'être accompagnée de la perte de quelque substance, était due au contraire à la combinaison du corps combustible avec un corps gazeux, auquel il donna le nom d'oxigène. Et cette découverte seule fournit la théorie générale de

la chimie inorganique, théorie qui a été à peine modifiée jusqu'à nous, et que Guyton de Morveau n'eut qu'à traduire en terminaisons, pour en obtenir la plus heureuse nomenclature. Tous les corps de la nature devinrent dès lors des combinaisons de corps indécomposables par nos procédés actuels, que l'on désigna sous le nom de corps simples ou éléments, et dont le nombre s'est successivement élevé à 57, les uns gazeux, les autres liquides, et les autres solides. L'air devint un mélange de 21 d'oxigène et de 79 d'azote; l'eau, une combinaison de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxigène. La terre ne conserva son unité qu'en géologie. Le feu sortit du domaine des corps pondérables, pour passer dans celui de la physique. L'oxigène, en se combinant avec un métal, forma un oxide de ce métal; en se combinant avec une substance métalloïde, en une proportion telle, que la combinaison rougit la teinture de tournesol, il forma un acide désigné par le nom de la substance, terminé par les syllabes *ique* ou *eux*, selon les proportions d'oxigène : *acide sulfurique*, *acide sulfureux*, c'est-à-dire acide composé de soufre et d'oxigène en diverses proportions. Les radicaux des acides, en se combinant entre eux ou avec les radicaux des oxides, se désignèrent par la terminaison *ure* ajoutée au radical de l'acide : *carbure de soufre*, *sulfure de carbone*, ou combinaison de carbone et de soufre; *carbure de fer* (acier), ou combinaison de carbone et de fer. La combinaison des acides et des oxides prit la terminaison *ate*, ajoutée à la dénomination de l'acide qui formait le sel : *sulfate de chaux* (plâtre), ou combinaison d'acide sulfurique et d'oxide de calcium (chaux).

790. L'affinité, qui présidait à ces associations intimes, offrit les mêmes caractères que les affinités électriques. Les combinaisons chimiques furent le résultat de l'attraction de deux électricités contraires, l'une positive, et l'autre négative. L'oxigène étant négatif, s'associait, par exemple, avec le soufre, qui, par rapport à lui, était positif, et produisait ainsi

de l'acide sulfurique, lequel acide était négatif par rapport à la chaux, et s'associait avec cette dernière, pour former un sel, ou *sulfate de chaux.*

791. La loi de l'affinité devait, de toute nécessité, être complétée par la loi des proportions des substances ; car si la cause des attractions est dans la différence des électricités qui animent les corps, la puissance des effets doit résulter des rapports des masses. Cette idée, sans doute pressentie, mais négligée, Wenzel la formula, dès 1777, dans son *Traité de la théorie des affinités*, où se trouve renfermée déjà, et appuyée sur des expériences positives, toute la théorie des proportions chimiques. Il établit en effet que, pour saturer un acide donné, il faut la même quantité d'alcali ou de terre quelconque qui sature un autre acide ; d'où il arrive qu'en mêlant ensemble, par exemple du nitrate de chaux et du sulfate de potasse, il se produit du sulfate de chaux et du nitrate de potasse, sans que le liquide devienne acide ou alcalin (98); la chaux du nitrate ayant saturé tout l'acide sulfurique qu'elle a enlevé au sulfate de potasse, et la potasse ayant saturé tout l'acide nitrique qu'elle a enlevé à la chaux. Bergmann, en 1782, entrevit la théorie des proportions chimiques. J.-B. Richter, en 1796 et 1798, tout en la démontrant par des faits nombreux et des expériences exactes, en retardait le succès par l'étrangeté de son langage, et l'hermaphroditisme d'une nomenclature, qui tenait autant de la doctrine antiphlogistique que de la doctrine contraire. Mais il paraît que c'est surtout à la discussion qui s'éleva entre Proust et Berthollet (*) que l'on est en droit d'attribuer le peu d'attention que les chimistes du temps prêtèrent aux recherches de Wenzel et de Richter ; à moins qu'on ne l'impute à cette influence de plomb de nos corps savants, qui pèse sur les découvertes non émanées de l'une de leurs coteries puissantes (2, 3). Comme

(*) Proust soutenait que les corps se combinaient entre eux en proportions fixes et invariables. Berthollet défendait l'opinion contraire, avec tout l'ascendant de sa haute autorité et de son savoir.

fut qu'en 1810 que Dalton fixa l'attention des savants, sur la vérité de la théorie des proportions chimiques, en la dépassant, c'est-à-dire en appliquant, aux molécules des corps, le raisonnement que Wenzel n'avait d'abord appliqué qu'à leurs masses. D'après lui, les corps sont composés d'atomes ; un atome d'un élément peut se combiner avec 1, 2, 3, etc. atomes d'un autre élément, mais jamais avec des fractions d'atomes ; car les atomes sont indivisibles.

792. C'est à ce point que Berzélius a repris la théorie des proportions, et c'est à lui qu'on est redevable de la *théorie atomistique*, telle qu'elle est professée dans nos livres et dans nos cours. Voyons par quelle suite d'idées l'auteur est arrivé à la formuler d'une manière définitive. En 1806, Gay-Lussac constata que l'eau se compose de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxigène ; plus tard, il découvrit que les corps gazéiformes se combinent de telle manière, qu'une mesure de gaz absorbe 1, 1 ½, 2, 3, etc., mesures d'un autre gaz, c'est-à-dire que les gaz se combinent à volumes égaux, ou que le volume de l'un est un multiple du volume de l'autre. Or, si l'on admet qu'à égalité de volume les corps gazeux renferment le même nombre d'atomes, il sera permis d'exprimer les rapports de nombre de leurs atomes par les rapports de leur volume ; en sorte que si un volume d'un gaz se combine avec deux volumes d'un autre, nous dirons que la combinaison, qui en résulte, se compose d'un atome de l'un et de deux atomes de l'autre ; si en effet le volume pris pour unité est supposé contenir 50 atomes, et que, pour opérer la combinaison, il faille un volume d'un gaz et deux volumes de l'autre, on trouvera que 50 : 100 :: 1 : 2. Les rapports en poids des volumes, donneront dès ce moment les rapports en poids des atomes, c'est-à-dire leur densité (303) ; et c'est de la sorte qu'on a trouvé que la densité de l'atome du gaz oxigène étant représentée par 100, celle de l'atome du gaz hydrogène était 6,24.

Si l'on pouvait ramener préalablement à l'état gazeux, tous les corps de la nature, que l'on se propose de combiner en-

semble, il est évident que la tâche de la théorie ainsi formulée deviendrait facile. Mais il en est tout autrement dans l'état actuel de la science ; et la puissance de la gazéification s'arrête à un très petit nombre de substances. Force a donc été d'avoir recours à un autre ordre d'hypothèses, pour appliquer la première à t[illegible]s résultats numériques connus.

793. Si l'on admet que chaque corps solide puisse être amené à l'état gazeux, il devra se comporter, sous cette forme, en se combinant avec d'autres substances, comme se comportent les gaz permanents, c'est-à-dire qu'il se combinera à volume égal ou multiple. Mais les combinaisons chimiques s'opérant par suite d'une loi invariable, il s'ensuit que ce que l'on a observé directement sur les gaz, doit se réaliser à l'égard des corps solides, que nous ne saurions amener à l'état gazeux. Or quand il s'agissait d'établir les rapports des atomes des gaz, le nombre de volumes donnait le nombre des atomes, et le poids du volume donnait la densité de celui-ci. A l'égard des corps que nous ne saurions observer à l'état gazeux, nous n'aurons, pour déduire le poids de l'atome, que les rapports du poids des éléments combinés entre eux; on l'établira alors par induction et par analogie. Soit, par exemple, le poids de l'atome de fer à déterminer ; on comparera d'abord entre eux les divers oxides de ce métal ; on trouvera qu'une même quantité de fer peut se combiner avec trois quantités différentes d'oxigène, et que ces quantités d'oxigène sont entre elles comme 6, 8, 9 ; ce qui donne : fer 6 + oxigène 6 ; — fer 6 + oxigène 8 ; — fer 6 + oxigène 9. Par analogie, on a admis que si le fer pouvait être observé à l'état de gaz, et qu'on pût le combiner volume à volume, on trouverait, comme on l'a observé à l'égard des gaz permanents, qu'un volume de fer est susceptible de se combiner avec un volume d'oxigène; car $Fe^6 : O^6 :: Fe : O$. L'isomorphisme (156) du protoxide de fer avec la chaux amène à conclure que la composition du protoxide de fer est analogue à celle de la chaux; or, pour cette dernière, on a

admis qu'un atome de *calcium* est combiné avec un atome d'oxigène, ce qui donne la formule Ca + O ; donc il doit en être de même, pour le protoxide de fer, dont la formule sera dès lors F + O. Si l'on avait pu directement peser les quantités de fer et d'oxigène combinés ensemble, pour former ce protoxide, on aurait eu dès ce moment le poids de l'atome de fer, celui de l'oxigène étant pris pour unité. Mais l'expérience n'a pu être faite que sur l'oxide de fer $Fe^6 O^9$, que l'on désigne sous le nom de sesqui-oxide de fer. Berzélius a trouvé que 100 parties du meilleur fer suédois donnaient, après l'oxidation, 143,5 de sesqui-oxide de fer, d'où il faut défalquer 0,005 de carbone, que contient cette espèce de fer, ce qui donne 99,5 de fer, et 44 d'oxigène. Or, le fer entrant dans cette substance pour deux atomes, et l'oxigène pour 3 ($Fe^6 O^9 = Fe^2 O^3$), il sera facile d'en tirer le poids atomique du fer, par une règle de trois. Les 44 d'oxigène équivalant à trois atomes de ce gaz, et l'atome de l'oxigène étant représenté par 100 ; dans une combinaison de sesqui-oxide, qui renfermerait 300 d'oxigène, le fer y entrerait pour 678,40, équivalant à deux atomes ; d'où $44 : 300 :: \frac{99,5}{2} : x = 339,205$; l'atome de fer sera donc représenté par ce dernier chiffre, celui de l'oxigène étant représenté par 100.

794. On le voit, ce qu'il y a de positif dans ce fait, c'est le rapport des poids donné par l'expérience directe : tout le reste est fondé sur l'analogie et la supposition. Cependant, en admettant l'hypothèse, les chiffres adoptés pour désigner le poids de l'atome n'offrent rien d'arbitraire, et les tables qu'on en forme ont le même genre d'utilité que les tables de densité ; car le chiffre de l'atome n'est autre, en définitive, que le chiffre qui exprime le rapport du poids d'un corps à son volume (303).

795. Berzélius, ayant dirigé trente ans de ses travaux vers ce but, la théorie est parvenue à fixer ses principales bases, et à donner la formule de toutes les combinaisons inorganiques ; et quoique les chimistes soient loin de la considérer

comme l'expression réelle des faits, cependant on ne laisse pas que d'en adopter la nomenclature, et de s'en servir dans la pratique, comme d'une table de proportions. Il nous paraît indispensable de transcrire ici cette table, par ordre alphabétique, avant de passer aux applications, qu'on a tenté de faire de la théorie, à l'étude des corps organisés.

796. La première colonne renferme les noms de chacun des 57 corps simples et indécomposables au feu ou à la pile, et le signe abréviatif de chacun d'eux, que l'on emploie dans les formules des combinaisons binaires ou quaternaires, etc. La troisième et la quatrième colonne donnent ces diverses formules et leur traduction. Par exemple le *protoxide d'azote* est représenté par Az^2O, c'est-à-dire une combinaison d'un atome d'oxigène = 100, et deux atomes d'azote = 177,02, en sorte que, par rapport à toutes les autres combinaisons indiquées dans cette table, le poids de la molécule du protoxide d'azote est de 277,02. Le bioxide sera représenté par une proportion double d'oxigène = Az^2O^2, c'est-à-dire par deux atomes d'oxigène = 200, et deux atomes d'azote = 177,02; total 377 02.

L'acide azotique ou nitrique y est représenté par la formule Az^2O^5, c'est-à-dire par une combinaison de cinq atomes d'oxigène = 500, et deux atomes d'azote = 177,02; total 677,02. Les nitrates sont représentés par la formule $Az^2O^5 + \rho O$, c'est-à-dire par la combinaison de 677,02 d'acide nitrique, avec une quantité d'oxide, dont la base ρ est combinée avec 100 d'oxigène. D'après cette règle, on trouvera, par l'usage de cette table, que 677,02 d'acide nitrique se combinent avec 1451,61 d'oxide d'argent = *nitrate d'argent*; — avec 956,93 d'oxide de baryte = *nitrate de baryte*; — avec 891,38 d'oxide de cuivre = *nitrate de cuivre*; — avec 439,21 d'oxide de fer = *nitrate de fer*; — avec 114,11 d'alumine = *nitrate d'alumine*, etc. D'où l'on doit voir que, sans admettre la théorie comme l'expression des faits, on peut se servir de ces tables, pour établir les proportions relatives des éléments d'une combinaison quelconque.

797. TABLE ATOMISTIQUE.

DÉNOMINATION française et signes de corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
		A. MÉTALLOÏDES.	
Oxigène (O).....	100		
Azote (Az).......	88,51	Az^2O protoxide d'Azote..	
		Az^2O^2 bioxide d'Azote...	
		Az^2O^3 acide azoteux.....	Azotit. ou nitrit.
		Az^2O^4 ac. hypoazotique..	$Az^2O^3+\rho O$ (*).
		Az^2O^5 acide azotique....	Azotat. ou nitrat. $Az^2O^5+\rho O$.
		Az^2C^4 cyanogène.......	
		Az^2H^6 ammoniaque.....	
Bore (B)........	68,10	B^2O^3 acide borique.....	Borates. $2\,(B^2O^3)+\rho O$.
		$B^2O^3+3\,(H^2O)$ acide borique cristallisé......	
		BCh^3 chlorure de bore...	
		BF^3 acide fluoborique...	
Brome (Br)......	489,15	Br^2O^5 acide bromique...	Bromates. $Br^2O^5+\rho O$.
		Br H ac. hydrobromique.	
Carbone (C.)....	38,22	C^2O oxide de carbone...	Carbonates. $C^2O^2+\rho O$.
		CO acide carbonique....	Sesquicarbonat. $C^5O^3+\rho O$.
		CCh protochlorure.....	Bicarbonates. $C^4O^4+\rho O$.
		C^2Ch^3 sesquichlorure....	
Chlore (Ch ou Cl).	221,32	Ch^2O acide chloreux....	Chlorites. $Ch^2O+\rho O$.
		Ch O acide hypochloriq..	
		Ch^2O^3 acide chlorique...	Chlorates. $Ch^2O^3+\rho O$.
		Ch^2O^7 ac. hyperchlorique.	
		Ch H ac. hydrochlorique.	
Fluor (F).......	116,90	H F acide hydrofluorique.	

(*) Le signe ρ désigne le radical de l'oxide. Si ρ désigne le fer, ces deux formules désigneront le nitrite et le nitrate de fer.

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATI[ONS] et formul[es] de leurs s[els]
Hydrogène (H)...	6,24	H^2O Eau..............	Hydrate[s] $H^2O+\rho O$.
		H O bioxide d'hydrogène, eau oxigénée........	
Iode (I).........	789,75	I^2O^5 acide iodique......	Iodates. $I^2O^5+\rho O$.
		I H acide hydriodique...	
		AzI^3 iodure d'azote......	
Phosphore (P)...	196,15	P^2O oxide de phosphore.	Hypophosph[ites] 2 ($P^2O+\rho O$[)] 3 (H^2O).
		P^2O^3 acide phosphoreux.	Phosphite[s] $P^2O^3+2(\rho O)$.
		P^2O^5 acide phosphorique.	Phosphate[s] $P^2O^5+2(\rho O)$
		P CH^3 protochlorure de phosphore..........	
		P CH^5 perchlorure de phosphore..............	
Sélénium (Se)....	494,58	Se O^2 acide sélénieux...	Sélé[nites]. Se $O^2+\rho O$.
		Se O^3 acide sélénique...	Séléniate[s] Se $O^3+\rho O$.
		Se H^2 ac. hydrosélénique.	
Silicium (Si).....	277,31	Si O^3 ac. silicique ou silice.	Silicates. Si $O^3+\rho O$.
		Si F^6 acide fluosilicique..	
Soufre (S)......	201,16	SO acide hyposulfureux.	
		SO^2 acide sulfureux.....	Sulfites. $SO^2+\rho O$.
		S^2O^5 ac. hyposulfurique..	Hyposulfat[es] $S^2O^5+\rho O$.
		SO^3 acide sulfurique....	Sulfates. $SO^3+\rho O$.
		SH^2 ac. hydrosulfurique..	
Thorinium (Th).	744,90	Th O oxide de thorinium (thorine)............	
		Th Ch^2 chlorure de thorinium.............	
Zirconium (Zr)..	420,20	Zr^2O^3 oxide de zirconium (zircone)............	
		Zr Ch^3 chlorure de zirconium...............	

MINATION ançaise es des corps mples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
		B. MÉTAUX.	
ium (Al). .	171,17	Al^2O^3 oxide d'aluminium (alumine). . . . . $Al\ Ch^3$ chlorure d'aluminium.	
oine (Sb). .	806,45	Sb^2O^3 protoxide d'antimoine. . . . . SbO^2 acide antimonieux. Sb^2O^5 acide antimonique. $SbCh^3$ protochlorure d'antimoine. . . . . $SbCh^4$ perchlor. d'antim. Sb^2S^3 protosulfure d'antimoine. . . . . SbI^3 protoiodure.	Antimonites. $SbO^2+\rho O$. Antimoniates. $Sb^2O^5+\rho O$.
(Ag).	1351,61	AgO protoxide d'argent. . AgS sulfure. . . . . $AgCh^2$ chlorure. . . . . AgI^2 iodure.	
c (As).	470,12	As^2O^3 acide arsénieux. . . As^2O^5 acide arsénique. . . AsS protosulfure d'arsenic. . . . . As^2S^3 deutosulfure d'arsenic. . . . . AsF^3 fluorure d'arsenic. . $AsCh^3$ chlorure d'arsenic. AsI^3 iodure.	Arsénites. $As^2O^3+2(\rho O)$. Arséniates. $As^2O^5+2(\rho O)$.
(Ba).	856,93	BaO oxide de barium (baryte. . . . . BaO^2 bioxide. . . . . BaS sulfure de barium. . . $BaCh^2$ chlorure de barium BaF^2 fluorure de barium. BaI^2 iodure de barium. . .	

DÉNOMINATION française et signes de corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMIN… et form… de leur…
Bismuth (Bi)....	886,92	BiO bismuth (protoxide de)................	
		Bi^2O^3 sesquioxide de bismuth.	
		BiS sulfure de bismuth..	
		$BiCh^2$ chlorure de bismuth...............	
		BiI^2 iodure de bismuth...	
Cadmium (Cd)..	696,77	CdO oxide de cadmium..	
		CdS sulfure de cadmium.	
Calcium (Ca)....	256,03	CaO oxide de calcium (chaux).............	
		CaO^2 bioxide de calcium.	
		CaS sulfure de calcium..	
		CaF^2 fluorure de calcium.	
		$CaCh^2$ chlorure de calcium...............	
		CaI^2 iodure de calcium..	
Cérium (Ce).....	574,70	CeO protoxide de cérium.	
		Ce^2O^3 sesquioxide de cérium...............	
		$CeCh^2$ protochlorure de cérium.............	
		$CeCh^3$ sesquichlorure de cérium..............	
Chrome (Cr)....	351,82	Cr^2O^3 oxide de chrome..	
		CrO^3 acide chromique...	Chrom… CrO^3+pO…
Cobalt (Co).....	368,99	CoO protoxide de cobalt.	
		Co^2O^3 peroxide de cobalt.	
		$CoCh^2$ chlorure de cobalt.	
Colombium, ou Tantale (Ta)..	1153,79	TaO oxide de colombium.	
		Ta^2O^3 acide colombique..	Colomb… Ta^2O^3+p…
Cuivre (Cu).....	395,69	Cu^2O protoxide de cuivre.	
		CuO bioxide..........	
		CuO^2 peroxide.........	
		Cu^2S protosulfure de cuivre.................	
		CuS bis[illegible].	
		CuCh pr[illegible]chlorure de cuivre.............	
		$CuCh^2$ bichlorure.......	
		CuI iodure de cuivre....	

NATION çaise des corps les.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
)......	735,29	SnO protoxide d'étain... SnO^2 bioxide......... SnS protosulfure d'étain. SnS^2 bisulfure......... $SnCh^2$ protochlorure d'étain.... .... $SnCh^4$ bichlorure....... SnI^2 iodure d'étain.....	
....	339,21	FeO protoxide de fer.... Fe^2O^3 sesquioxide de fer. FeS protosulfure de fer.. FeS^2 persulfure........ $FeCh^2$ protochlorure de fer................. $FeCh^3$ sesquichlorure de fer .... FeI^2 iodure de fer......	
m (Gl ou	351,26	Gl^2O^3 oxide de glucinium (glucine)........... $GlCh^3$ chlorure de glucinium	
Ir).....	1233,50	IrO protoxide d'iridium.. Ir^2O^3 sesquioxide....... IrO^3 peroxide. IrC^3 carbure d'iridium.. IrS protosulfure d'iridium .... Ir^2S^3 sesquisulfure...... IrS^2 persulfure........ $IrCh^2$ protochlorure d'iridium .... $IrCh^3$ sesquichlorure.... $IrCh^4$ perchlorure.......	
L).....	80,37	LO oxide de lithium (lithine).............. LCh^2 chlorure de lithium.	
m (Mg	158,35	MgO oxide de magnésium (magnésie).......... $MgCh^2$ chlorure de magnésium.............. MgI^2 iodure de magnésium..............	

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMIN[...] et form[...] de leur[...]
Manganèse (Mn)..	345,89	MnO protoxide de manganèse............	
		Mn^2O^3 sesquioxide de manganèse..........	
		MnO^2 peroxide de manganèse............	
		MnO^3 acide manganique (vert)...............	Mangan[...] MnO^3+pO[...]
		Mn^2O^7 acide hypermanganique (rouge)......	Hyperma[...]nate[...] Mn^2O^7+pO[...]
		MnS sulfure de manganèse...............	
		$MnCh^2$ chlorure de manganèse............	
Mercure (Hg)...	1265,82	Hg^2O protoxide de mercure...............	
		HgO bioxide..........	
		Hg^2S protosulfure de mercure................	
		HgS bisulfure (cinabre)..	
		HgCh protochlorure de mercure (merc. doux.).	
		$HgCh^2$ bichlorure (sublimé corrosif)........	
		HgI protoiodure (vert)..	
		HgI^2 biiodure (rouge)...	
Molybdène (Mo).	598,52	MoO oxide de molybdène.	
		MoO^2 acide molybdeux..	
		MoO^3 acide molybdique.	Molybd[...] MoO^3+pO.
		MoS^2 sulfure de molybdène..............	
		MoS^3 trisulfure de molybdène............	
Nickel (Ni).....	369,67	NiO oxide de nickel....	
		Ni^2O^3 peroxide de nickel.	
		NiS sulfure de nickel...	
		$NiCh^2$ chlorure de nickel.	

NOMINATION française ...gnes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	de l
(Au)........	1243,02	Au^2O protoxide d'or.... Au^2O^3 peroxide .... Au^2S sulfure d'or....... $AuCh$ protochlorure d'or. $AuCh^3$ perchlorure.....
ium	1244,48	OsO protoxide d'osmium. Os^2O^3 bioxide......... OsO^3 peroxide......... OsO^4 acide osmique.... OsS^4 sulfure d'osmium.. $OsCh^2$ protochlorure d'osmium......... $OsCh^4$ perchlorure .....
dium (Pa)..	665,90	PaO protoxide de palladium .... PaO^2 bioxide de palladium .... PaS sulfure de palladium. $PaCh^2$ protochlorure de palladium........... $PaCh^4$ bichlorure de palladium. ....
ne (Pt).....	1233,50	PtO protoxide de platine. PtO^2 bioxide de platine.. PtS protosulfure .... PtS^2 bisulfure .... $PtCh^2$ protochlorure de mercure........... $PtCh^4$ bichlorure.......
b (Pb).....	1294,50	PbO protoxide de plomb. Pb^2O^3 sesquioxide de plomb .... PbO^2 peroxide de plomb. PbS sulfure de plomb... PbF^2 fluorure de plomb.. $PbCh^2$ chlorure de plomb. PbI^2 iodure de plomb...

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINA[TIONS] et formu[les] de leurs [...]
Potassium (K)...	489,92	K O oxide de potassium (potasse)........ KO^3 peroxide de potassium.............. KS sulfure de potassium.. KCh^2 chlor. de potassium. KF^2 fluorure de potassium. KBr^2 brom. de potassium. KI^2 iodure de potassium.	
Rhodium (R)....	651,40	R O protoxide de rhodium.............. R^2O^3 sesquioxide de rhodium.............. R^2S^3 sulfure de rhodium.. RCh^3 chlorure de rhodium..............	
Sodium (Na)....	290,90	NaO oxide de sodium (soude)............ Na^2O^2 peroxide de sodium.............. NaS sulfure de sodium... $NaCh^2$ chlorure de sodium............. NaF^2 fluorure de sodium. $NaBr^2$ bromure de sodium. NaI^2 iodure de sodium...	
Strontium (Sr)...	547,28	SrO protoxide de strontium (strontiane)..... SrO^2 peroxide de strontium............... SrS sulfure de strontium. $SrCh^2$ chlorure de strontium.............. SrI^2 iodure de strontium.	
Tellure (Te)....	801,74	TeO^2 oxide de tellure... TeO^3 acide tellurique... TeS^2 sulfure de tellure.. $TeCh^2$ protochlorure de tellure............. $TeCh^4$ chlorure de tellure. TeH^2 acide hydrotellurique..............	Tellurate[s] TrO^3+pO.

…MINATION française …res des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
…e (Ti).....	303,66	TiO^2 acide titanique.... $TiCh^4$ chlorure de titane.	Titanates. $TiO^2+\rho O$.
…ngstène ou …ram (W)...	1185,00	WO^2 oxide de tungstène.. WO^3 acide tungstique... WS^2 protosulfure de tungstène .... WS^3 persulfure	Tungstates. $WO^3+\rho O$.
…e (U)......	2711,36	U O oxide d'urane...... U^2O^3 peroxide d'urane.. UCh^2 protochlorure d'urane. .... UCh^3 sesquichlorure d'urane............... U S sulfure d'urane.....	
…dium (Va)..	855,84	VaO protoxide de vanadium................ VaO^2 binoxide de vanadium .... VaO^3 acide vanadique... VaS^2 protosulfure de vanadium............. VaS^3 persulfure de vanadium .... $VaCh^4$ chlorure de vanadium	Vanadates. $VaO^3+\rho O$.
…um (Y) * ...	402,51	Y O oxide d'yttrium (Yttria)................ YCh^2 chlorure d'yttrium.	
(Zn).......	403,32	ZnO oxide de zinc...... ZnS sulfure de zinc..... $ZnCh^2$ chlorure de zinc.. ZnI^2 iodure de zinc...	

* D'autres auteurs admettent 1330,37 pour le poids de l'atome de …ub ; et 948,61 ou 805,14 pour l'atome d'Yttrium.

798. Il ne faudrait pas voir, dans le mécanisme de la table précédente, l'œuvre exclusive de la théorie atomistique. Les nombres qu'elle donne, tout interprétés qu'ils sont par la théorie, sont déduits d'expériences positives; ils expriment les quantités relatives de substances qui rentrent dans une combinaison. Car toutes les expériences, dirigées avec soin, sont venues confirmer la loi signalée par Wenzel, sur la fixité des proportions chimiques. La théorie atomistique n'a rien infirmé, ni rien confirmé sur ce point; elle n'a fait que chercher à se représenter par des volumes, ce que la théorie positive des proportions exprimait par des poids; et les rapports du poids au volume, elle les a exprimés non point en chiffres, mais en atomes. Ce serait s'exagérer de beaucoup son importance, que de croire qu'elle ait tracé une route nouvelle aux investigations, préparé le terrain à des découvertes, et fait naître des vérités; ce serait attribuer à sa forme qui est arbitraire, un résultat qui est dû en entier au fond qu'elle exploitait, c'est-à-dire à la théorie des proportions.

Ainsi une fois que l'expérience directe a appris que,

390,9 de soude + 501,16 d'acide suf. = sulfate de soude;
589,9 de potasse + 501,16 *id.* = sulfate de potasse;
956,9 de baryte + 501,16 *id.* = sulfate de baryte;
356,0 de chaux + 501,16 *id.* = sulfate de chaux;

si la théorie survient et exprime ce résultat de la manière suivante :

sulfate de soude = $NaO + SO^3$;
sulfate de potasse = $KO + SO^3$;
sulfate de baryte = $BaO + SO^3$;
sulfate de chaux = $CaO + SO^3$;

elle n'aura fait que traduire en signes algébriques, les rapports que l'expérience avait donnés en chiffres, en admettant que $O = 100$; $S = 201,16$; $Na = 290,9$; $K = 489,9$; $Ba = 856,9$; $Ca = 256,0$; — et la science théorique ou pratique n'y perdrait rien, à ce que la table des proportions fût dressée d'après l'une ou l'autre forme. Nous nous hasarderons

même à avancer par anticipation, que la première forme serait préférable, à cause de sa simplicité, qui n'est que l'énoncé de l'expérience directe. Il est à craindre que la théorie ne détruise, dans l'esprit du chimiste, la certitude qu'il attache aux résultats directs, en le faisant passer, pour arriver à la formule, par une foule d'analogies hasardées et d'hypothèses arbitraires et de convention.

§ II. APPLICATION DE LA THÉORIE ATOMISTIQUE AUX PHÉNOMÈNES DE LA CHIMIE ORGANIQUE.

799. Ce n'est pas le lieu, dans ce chapitre, de pousser plus loin la critique de la théorie atomistique en elle-même; nous n'avons à la juger que sous le point de vue de ses applications à l'étude des corps organisés. Ici elle a été plus qu'embarrassante, elle a été funeste; car ici, ne se contentant plus de combiner les nombres obtenus directement par l'expérience, elle a cherché à prévoir, à deviner, à donner d'avance des formules, sans s'apercevoir qu'elle changeait de règne, et partant de lois, et qu'elle mettait le pied sur un terrain d'une toute autre nature que le terrain inorganique.

800. En effet, expliquer le mode selon lequel les atomes doivent se grouper pour former des organes, d'après la théorie qui a servi à faire comprendre comment les atomes se groupent pour former des cristaux, ce serait déjà une tentative absurde, alors que la théorie aurait eu un plein succès dans sa première application. Car ce serait admettre implicitement que la cristallisation est l'analogue de l'organisation, et que la différence est toute nominale entre le règne inorganique et le règne organique. Or, comment a-t-on perdu de vue cette considération, qui est sans réplique? c'est qu'on a forcé l'analogie en cherchant à l'étendre; c'est qu'on a confondu les accessoires d'un organe avec l'organe lui-même, et argumenté sur tout le règne organisé, de la même manière que sur les corps inorganiques que l'on a rencontrés dans les

organes, enfin sur des organes, comme sur les sels qu'ils recèlent.

Je m'explique. La théorie s'appliquait aux carbonates, aux acétates, aux oxalates, qui se trouvent dans les tissus, et qui en émanent, avec le même succès qu'aux sulfates, aux hydrochlorates inorganiques. Mais les acétates, les oxalates, etc., se décomposent par le feu en carbone, oxigène et hydrogène, dont la théorie avait déjà déterminé le poids atomique, et ces trois corps forment l'acide du sel, dont la base s'obtient sous forme de cendres. Or par une autre série d'expériences, on avait trouvé qu'en dernière analyse, toutes les substances organisées se décomposent à leur tour en carbone, oxigène, hydrogène et azote réunis, deux, trois ou quatre ensemble; on a conclu que l'on était en droit de déterminer le nombre d'atomes, qui représenteraient la combinaison de ces substances dans leur état d'organisation, par les mêmes procédés qui avaient donné le nombre d'atomes de la combinaison saline. C'est là que l'analogie devenait forcée; car elle perdait de vue, en ce point, un élément qu'elle faisait pourtant entrer dans la détermination des atomes des substances inorganiques; elle perdait de vue les bases salines, et ne s'attachait plus qu'aux produits gazeux. Pour déterminer le nombre d'atomes d'un sel, elle cherchait les rapports numériques des bases et des acides, des radicaux terreux et des métalloïdes; et tout-à-coup elle négligeait la base et ne s'appliquait plus qu'aux gaz. Aussi avait-elle fini par transformer la chimie organique en un chaos d'anomalies et d'incohérences, où le désordre s'offrait hérissé de chiffres et de calculs; en sorte que la chimie organique, riche de faits observés, ne possédait pas une loi, et que, dans nos livres, elle paraissait aussi étrangère à la physiologie, que le règne inorganique l'est, dans la nature, par rapport au règne organisé. Ce désordre dure encore dans les ouvrages académiques; car les coupables du délit ont encore en main le sceptre de l'autorité scientifique; mais il se renferme de plus en plus dans l'enceinte du sanctuaire,

t le public ne s'en rend presque plus complice, ou raisonne n vertu d'autres errements.

801. Pour se convaincre q la th est se busive, il suffira de placer fa e à e tats de ns de ses calculs; il paraîtra, en , ét q l ubstances les plus hétérog t rie l'élaboration, se présentent, a oir é r re le la théorie, exactement p la me , c'est-à-dire du même nombre itoi :

Sucre de canne $= C^{12} H^{10} O^{5}$;
amidon $= C^{12} H^{10} O^{5}$;
gomme $= C^{12} H^{10} O^{5}$;
acide lactique des sels $= C^{12} H^{10} O^{5}$ (*);

Quand une théorie aboutit à de tels résultats, elle est jugée. Mais cela ne suffit pas, dans notre état social, pour qu'elle soit abandonnée; aussi est-elle largement professée dans les chaires du haut enseignement, et la voit-on hérisser du luxe facile de ses calculs les livres classiques de la chimie française; c'est par de telles absurdités qu'on mérite l'insigne honneur d'être reçu dans l'auguste corps chimique, et d'être cité dans les hautes compilations de l'enseignement autorisé. Nous serons forcé à notre tour de consigner ces résultats dans notre livre, à la suite des analyses élémentaires; mais nous déclarons ici une fois pour toutes, que la citation équivaudra, dans tous les cas, à une radiation, et que chaque formule sera terminée par ce signe = o.

802. Pour faire comprendre par quelle filière la théorie amène à ce résultat, on n'aura qu'à se rappeler ce que nous avons dit de la densité (303) d'un côté, et de la manière dont la théorie obtient le poids hypothétique de l'atome (792). On obtient, en effet, le rapport des atomes, par le même

(*) D'autres chimistes, qui adoptent la formule C = 76, au lieu de C = 38,22, pour représenter l'atome du carbone, expriment la formule ci-dessus par $C^{6}H^{10}O^{5}$. La théorie change, comme on le voit, en passant d'une main dans une autre.

genre de calcul que les rapports des volumes, et dès lors dans la formule $\frac{P}{D} = V$, $V = At$; c'est-à-dire qu'en divisant le poids d'une substance gazeuse par sa densité, le quotient pourra être considéré comme exprimant le nombre d'atomes; si l'on trouve alors que les atomes sont en trop grand nombre; la théorie, toujours complaisante envers qui veut s'en servir, permettra d'en réduire le nombre par un commun diviseur.

Soit, par exemple, l'analyse élémentaire du sucre de canne exprimée en poids :

Carbone	Hydrogène	oxigène
42,	6,	50;

$\frac{P}{D}$ donnera, pour le carbone 0,55 (en faisant C = 76), ou 1,10 (en faisant C=38); pour l'hydrogène = 1,00; pour l'oxigène = 0,5. Mais la théorie n'admet pas, pour désigner les rapports des atomes, des nombres fractionnaires; elle transformera donc ces fractions en unités, en complétant ce qui manque aux fractions pour se placer au rang des dizaines; et dès ce moment le chiffre du carbone sera 6 dans la première hypothèse, et 12 dans la seconde; celui de l'hydrogène sera 10, celui de l'oxigène étant pris pour point de départ = 5. La molécule de sucre devra être considérée de la sorte, par les uns, comme formée de 21 atomes; et, par les autres, comme portant le nombre de ses atomes jusqu'au chiffre 27. Cet exemple devrait nous dispenser d'entrer dans de plus longs détails à cet égard.

803. Mais une seule observation suffira pour renverser tout cet échafaudage de lettres majuscules et d'exposants algébriques : c'est que toutes les gommes ne donnent pas les mêmes proportions de carbone, par rapport aux deux autres gaz; c'est que les proportions varient selon le mode de leur dessiccation, selon qu'elles ont séché lentement à l'air ou rapidement à l'étuve. Les expériences de Prout, sur l'analyse élémentaire de

l'amidon, ont mis, dans une évidence mathématique, ce résultat que tout bon esprit aurait pu prévoir auparavant. En effet, l'auteur ayant analysé l'amidon de froment, après une dessiccation ordinaire, obtint par l'analyse élémentaire (243), les proportions suivantes :

carbone eau
37,5, 62,5 = (O 55,56 + H 6,94) ;

la même substance soumise, pendant vingt heures, à une température de 95 à 100°, perdit 12,5 sur 100 en poids, et donna par l'analyse élémentaire :

carbone eau
42,8, 57,2 = (O 50,86 + H 6,34) ;

la même substance soumise, vingt-quatre heures, à la température de 100°, et pendant six heures à la température de 150 à 180°, perdit, pendant ces six heures, 2,3 sur 100 en poids, et donna par l'analyse élémentaire :

carbone eau
44, 56 = (O 49,78 + H 6,22).

Qu'on applique le calcul atomistique à ces nombres, on aura nécessairement trois formules différentes de la même substance, selon que l'on en aura poussé la dessiccation à trois degrés différents. Dans le premier cas, l'amidon = $C^{10} H^{11} O^{7}$; dans le second, = $C^{11} H^{10} O^{6}$; et dans le troisième, = $C^{12} H^{9} O^{5}$; et les degrés intermédiaires entre ces diverses dessiccations varieront évidemment à l'infini, soit naturellement, soit par les modifications des procédés employés.

804. Malheur donc à la science qui s'amuse à tracer des formules, avant d'avoir fixé ses bases, et qui s'aventure dans la voie des calculs, avant d'avoir déterminé avec bonheur la valeur des termes. Sa marche semble tout-à-coup prendre une allure plus décidée, un mouvement plus rapide; mais il se trouve tôt ou tard, qu'elle n'a fait tant de chemin que pour aboutir à l'absurde, et elle se voit forcée d'en faire tout autant à reculons afin de se remettre au point du départ ; elle a fait des pas de géant dans un cercle vicieux. Aussi la chimie

organique, qui avait procédé jusque là avec un doute si philosophique, et qui se montrait si sage, si circonspecte dans les œuvres de Macquer, de Baumé, etc., se mit-elle en veine de découvertes et de créations nominales, dès que la chimie inorganique lui eut ouvert la porte vers les innovations. Elle eut ses combinaisons binaires, ternaires, quaternaires, et même quinaires; des bases salifiables et des acides arrivèrent tous à la fois, pêle-mêle, par doubles et triples emplois; les tissus et les organes prirent les caractères d'acides, et même de sels. Le scalpel céda le pas à la balance, l'anatomie à la pesée, et la physiologie à la décomposition élémentaire. On ne s'aventura pas seulement dans cette route, on s'y rua, comme on s'était rué dans un autre genre de système protégé par l'autorité, au temps du Régent. Les systèmes protégés portent malheur : la ruine y suit de près la fortune; il se trouva bientôt que l'on avait pris des bases terreuses pour des bases organiques, un mélange de suc et d'acide hydrochlorique pour un acide végétal, et des organes, et des débris d'organes pour des cristaux et des substances immédiates. Proust lui-même, le grand Proust, s'était commis dans cette fausse route; et, dans le cours de trois longs mémoires insérés aux *Annales de chimie et de physique*, il n'avait cessé de considérer, comme une substance nouvelle (hordéine), le son de la farine, que tout meunier lui aurait indiqué du doigt avant l'opération.

Et ces erreurs matérielles, fruits inévitables d'une théorie hasardée, avaient tellement pris racine dans les esprits, que l'on ne pouvait plus se flatter de les signaler, sans occasionner un scandale. Une explosion d'indignation suivit le scandale de la révélation; et les intéressés ne pardonneront jamais à l'évidence, qui est venue porter son flambeau dans ce dédale, jusque là calme et silencieux. Sans la nier, ce qui eût été maladroit, on en affaiblit l'importance; au lieu de combattre contre le nombre des faits démontrés, on se retrancha sur les faits qu'il restait à démontrer encore; toujours

délogés ; mais, en reculant, jamais vaincus ; fatiguant l'opinion publique et le novateur ; égarant celle-là, épuisant celui-ci ; présentant le bienfait sous l'odieux d'une insulte personnelle, et demandant au pouvoir occulte la grâce de venger, contre la vérité accablante, la science qui se trouvait aux abois. Les pouvoirs ne s'abandonnent jamais entre eux.

805. La cause est gagnée aujourd'hui, mais le stratagème dure encore. Il est curieux de suivre les mouvements de la science en habit brodé, dans ses marches et contremarches, de voir comment elle glisse sur un fait, pour se rabattre sur un autre, comment elle se console de ses vieilles erreurs, en s'applaudissant de quelques considérations qui ne sont pas de son œuvre.

806. D'après l'un, « la chimie qu'on appelle *organique* » ne peut être distinguée de la chimie *inorganique*; la plupart » des faits qui semblaient échapper à cette science appartiennent à la physique, à l'anatomie et à la physiologie. Toute » la partie de la chimie, dite organique, n'est que la chimie appliquée à l'histoire naturelle, et elle finira par être entièrement du domaine de cette science. La chimie générale se » compliquerait trop pour qu'elle pût conserver ces matières. » Elle les REJETTERA d'autant plus, qu'elle ne peut trouver en » elle-même des méthodes pour les classer, et que là où il y » confusion, il n'y a pas de science. »

« Il faut RENVOYER, dit Dumas (*), à la physiologie, l'histoire des substances qui ne sont que des organes ou des débris d'organes, comme le ligneux, la fibrine, l'amidon, et » tant d'autres produits complexes, qui n'INTÉRESSENT le chimiste que comme matière première de ses opérations. Je » BORNE donc la chimie organique à l'étude des composés définis, existant dans le règne organique, ou produits par des » réactions exercées sur des substances qui en proviennent. » Mais, on le voit, c'est encore retomber dans une définition

(*) *Journal de pharmacie*, tom. XX, pag. 267, 1834.

» basée uniquement sur l'origine des corps, et entièrement
» indépendante de leur nature. J'ai CHERCHÉ VAINEMENT une
» autre définition, et c'est PRÉCISÉMENT parce que j'ai été IM-
» PUISSANT à la découvrir, que je me suis laissé entraîner à
» croire que la CHIMIE MINÉRALE et la CHIMIE ORGANIQUE se
» confondent. »

Avions-nous tort de dire, au commencement de cet ouvrage (2), que messieurs les savants raisonnent de la science, comme les maîtrises raisonnaient des diverses professions, du temps où la maladie était tantôt une entité chirurgicale, et tantôt une entité médicale, et où le médecin défendait au chirurgien d'administrer autre chose au malade que des coups de lancette ou de bistouri? Les autorités officielles de la chimie en sont venues à ce point de confusion de la langue, qu'elles ne donnent une définition, précisément qu'à cause de leur impuissance à en trouver une meilleure.

807. Mais pendant que le chimiste reléguait ainsi, dans le domaine de la physiologie, tout ce qu'il était impuissant à faire rentrer dans le cadre adopté *à priori*, le physiologiste, de son côté, créait des lois qui rompaient en visière avec les lois physiques et chimiques de la nature ; et ils s'approuvaient réciproquement l'un l'autre, par cela qu'ils s'étaient éloignés d'une distance où ils ne pouvaient plus s'entendre. Le vitalisme, l'humorisme, le solidisme, les forces vitales, etc., avaient chassé la physique et la chimie de leur camp, comme la chimie chassait la physiologie; mais, à force de se disputer le terrain et de se tourner en ridicule en face de tout le monde, les doctrines physiologiques avaient fini par se renverser toutes ensemble, et par laisser la place vacante au premier occupant; personne n'en parlait plus. Alors apparut l'*endosmose*, s'annonçant, en toutes lettres, comme l'AGENT IMMÉDIAT DU MOUVEMENT VITAL. Il ne sera pas sans quelque intérêt de nous occuper de cette loi nouvelle, d'autant plus qu'elle a acquis depuis l'importance académique, et qu'elle marche aujourd'hui avec des insignes.

§ III. HISTOIRE DE L'ENDOSMOSE.

808. Le physicien Porret avait divisé un vase, en deux compartiments séparés par une cloison formée avec un morceau de vessie ; l'un de ces compartiments était rempli d'eau, l'autre en renfermait une faible quantité. Ayant mis le premier en rapport avec le pôle positif de la pile voltaïque, et le second avec le pôle négatif, aussitôt l'eau passa, au travers de la membrane animale, du compartiment rempli d'eau dans l'autre, où elle s'éleva un peu plus haut que le niveau. Cette expérience, précise dans ses termes, ne fut donnée que comme un fait à classer dans les phénomènes de l'électricité, et non comme une loi universelle, ni comme l'agent immédiat du mouvement vital.

809. Le 9 octobre 1826, Dutrochet lut, à l'Académie des Sciences, un premier travail, dont la prétention était moins modeste. L'auteur y annonçait une loi générale, qu'il désignait déjà par deux mots grecs, et dont l'expression n'était rien moins que compliquée. Toutes les fois, disait-il, que vous mettez en contact deux liquides de densité différente, séparés seulement par une membrane animale, le plus dense attire le moins dense. Placez, par exemple, le liquide plus dense dans une vessie, ou dans un *cæcum* de poulet, que vous plongerez dans l'eau pure, celle-ci se portera, à travers la membrane animale, vers le liquide dense, qui montera d'autant. L'auteur désignait ce phénomène par le mot *endosmose* (*). Si le liquide plus dense se trouve autour de la mem-

(*) De ἔνδον, *dedans*, et ὠσμός, *impulsion*. — Nous ne laissons jamais passer l'occasion, on le sait, de faire remarquer combien il est ridicule de recourir à chaque instant à la langue grecque, lorsque, en France, nous savons si mal le grec. *Endosmose*, outre l'équivoque du radical *osmose*, qui, avant toute explication, peut aussi bien signifier *odeur* qu'*impulsion*, *endosmose* est un solécisme; ἔνδον exprimant un mouvement intérieur, ou à la question *ubi*, et non un mouvement du dehors en dedans, ou à la question *quò*. C'est *eisosmose* qu'il aurait fallu dire. Il est infiniment probable qu'on blesserait moins les règles du langage, en parlant français.

brane et l'eau pure dedans, alors c'est le liquide intérieur qui se portera au dehors, il y aura *exosmose* (*). L'auteur concluait de ses expériences que le mobile de cette loi résidait dans la membrane elle-même, qui était douée d'une *vis à tergo*, d'une force d'impulsion analogue à celle qui aurait poussé le liquide, par compression, du dedans au dehors ou du dehors au dedans. Cette *vis à tergo*, inhérente à l'organisation des membranes, devenait ainsi l'agent immédiat du mouvement vital, et celui de tous les phénomènes de la vie.

810. Cette loi s'offrait à l'esprit avec un appareil si simple ; elle paraissait si nouvelle et si contraire à ce que chacun de nous avait vu dans les diverses expériences du laboratoire, que je m'empressai de répéter les expériences de l'auteur avec l'appareil qu'il indiquait dans son travail. Il se trouva que j'étais tombé sur les exceptions à la loi, et que, faute d'avoir pu lire le travail, je n'avais pas eu l'occasion de rencontrer un seul des phénomènes, sur lesquels l'auteur avait basé sa théorie. Ainsi, ayant placé dans la vessie, tantôt une dissolution de sel marin, tantôt de l'acide sulfurique, etc., l'eau qui enveloppait la vessie, au lieu d'être attirée par les liquides plus denses renfermés dans la vessie, ne tardait pas à donner des signes évidents de la présence de ceux-ci, et à prouver que les liquides plus denses avaient traversé la membrane au lieu d'attirer les autres. La loi n'était donc pas une loi générale, ce que je signalai dans une lettre à l'Institut à la séance suivante. Mais l'auteur nous apprit alors qu'il avait procédé à toutes ses expériences, avec de l'albumine et de la gomme arabique ; qu'il en avait conclu que les phénomènes observés, sur ces deux substances, étaient le résultat de la différence de densité ; d'où, par une autre conséquence plus rigoureuse sans doute que la précédente, il avait conclu que le même phénomène se reproduirait, toutes les fois que l'on remplacerait l'albumine et la gomme par une substance quelconque plus dense que le

(*) De ἐξ (et non pas ἐκ, comme le dit l'auteur) et ὠσμος ; impulsion de dedans en dehors.

liquide ambiant. Cet aveu de l'auteur expliqua tout le phénomène, et le fit descendre de bien haut, au rang des faits de détail qui ne méritent qu'une courte explication.

811. L'explication était des plus simples; Ampère et Hachette l'adoptèrent à la Société philomatique, en rendant compte de la lettre que j'avais adressée à l'Institut. « L'albumine et la gomme, disais-je, ne sont pas des liquides, mais des tissus qui commencent à s'organiser. Ces substances ne sauraient donc passer à travers les pores d'une membrane animale, puisqu'elles ne passeraient même pas à travers les lacunes d'un filtre de papier à plusieurs doubles. Mais l'eau pure passe facilement à travers les membranes animales, et ce phénomène est connu sous un nom français généralement adopté : l'*imbibition*. D'un autre côté, l'albumine et la gomme, membranes rudimentaires, ont bien plus la propriété de s'imbiber que les membranes achevées et avancées en âge, et l'imbibition des tissus jeunes simule une dissolution; mais tout tissu qui s'imbibe augmente de volume; qu'arrivera t-il donc, si vous emprisonnez l'un de ces tissus rudimentaires (*l*), dans un vase fait en forme d'entonnoir renversé (pl. 2, fig. 11), terminé par un long tube, et fermé inférieurement par une membrane animale (*m*)? si vous plongez la membrane dans l'eau distillée (*l'*) du vase (*v*), la membrane qui sert de cloison s'imbibera de l'eau qui la mouille, elle transmettra cette eau à toutes les membranes, quelles qu'elles soient, qui se trouveront en contact avec sa paroi intérieure, et partant aux membranes rudimentaires, aux tissus naissants et presque liquides qui rempliront la capacité, qu'elle limite par sa base. Ces liquides organisés augmenteront successivement de volume; ils devront donc monter dans le tube capillaire, comme ils monteraient, quoique d'une manière moins appréciable, dans un vase à large rebord; et, vu le petit diamètre du tube qui leur ouvre un passage, ils finiront par s'écouler au dehors, jusqu'à ce que leur capacité de saturation soit épuisée; ce qui présentera alors, non plus une loi nou-

velle, mais un simple amusement physique, que l'on avait déjà assez souvent apprécié sur d'autres liquides, par exemple sur l'acide sulfurique, qui, exposé à l'humidité de l'air, finit par déborder le vase et se répandre au dehors. Au lieu d'albumine, déposez dans l'entonnoir un morceau de chaux vive, elle se délitera et augmentera de volume, en soutirant à la membrane (*m*) l'eau dont celle-ci continuera à s'imbiber. Il en sera de même du sel marin cristallisé; il commencera par fondre et se dissoudre; mais une fois dissous, ce sel passera à travers la membrane et viendra se mêler à l'eau, comme l'eau vient à travers la membrane se mêler à lui; car deux substances qui passent également à travers une membrane, se mêlent de part et d'autre, comme elles le feraient avec plus de rapidité, sans l'interposition de la membrane. Certains acides enfermés dans la vessie passeront à travers la membrane, avant que l'eau ait même pu arriver jusqu'à eux; car la plupart des acides désorganisent les membranes animales, les amincissent, les dissolvent, les rongent et les trouent; on les verra donc, quoique plus denses que l'eau, arriver jusqu'à elle comme en bloc, avant que celle-ci ait pu même imbiber la membrane. Il n'en sera pas de même de l'alcool et de l'éther, qui sont moins denses que l'eau; ces deux liquides ne passent pas à travers les membranes animales ou végétales; ils les coagulent et en rétrécissent les pores, au lieu de les épanouir; mais ils sont très avides d'eau; placés dans l'entonnoir (*en*), ils renverseront tout l'échafaudage de l'*endosmose*, car ces liquides, moins denses que l'eau, sembleront attirer l'eau, au lieu d'en être attirés; ils monteront dans le tube, en s'étendant de l'eau dont la membrane qui les cloisonne continuera à s'imbiber, et ils verseront au dehors du tube, jusqu'à ce qu'ils aient atteint les limites de leur capacité de saturation. Sous tous ces rapports, une plaque poreuse offrira les mêmes phénomènes que la membrane animale. Enfin, voyez à quoi tient la différence de l'*endosmose* et de l'*exosmose*! sans rien déplacer que la ficelle, et en laissant les deux liquides dans

la même position, on peut vous donner l'*endosmose* ou l'*exosmose*. Soit, en effet, un liquide organisé (*l*), dans l'entonnoir (*en*), et l'eau distillée (*l'*) dans le vase (*v*) ; si l'on attache la membrane (*m*) autour du rebord de l'entonnoir (*en*), il y aura *endosmose* d'après l'auteur; car l'eau (*l'*) ENTRERA à travers la membrane (*m*) dans l'entonnoir ; mais si, au contraire, on attache la membrane (*m*) autour des rebords du vase (*v*), il y aura *exosmose*, puisque l'eau sortira à travers la membrane qui l'emprisonne dans le vase ; or, en tout ceci, il n'y aura rien de changé que la position de la ficelle. Les deux mots *endosmose* et *exosmose* n'expriment donc pas deux phénomènes distincts, mais deux modes de placer l'appareil : c'est le mouvement de va et le mouvement de vient, qui, grammaticalement, sont différents, mais qui, physiologiquement, sont exactement les mêmes ; car ils expriment deux modes d'exercice, mais non deux fonctions. »

812. Ces explications étaient trop faciles à concevoir, pour n'être pas adoptées par tout le monde. Mais à Paris, tout n'est pas fini quand on a réfuté ; il est de l'honneur d'un corps savant, de défendre ses candidats quand même, et de faire en sorte que leurs idées ne meurent que de leurs propres mains. La loi nouvelle était évidemment absurde; il fallait faire croire qu'elle offrait matière à discussion : Ampère, qui d'abord avait haussé les épaules, fut averti de garder le silence ; Poisson donna la réplique, par quelques A + B, qui avaient l'air d'être les signes de quelque chose; et Dutrochet vint tous les huit jours apporter à sa loi un amendement, qui la faisait passer tantôt de la physiologie dans la physique générale, tantôt de la physique générale dans la physiologie ; il la radoubait ensuite tous les quinze jours, puis tous les ans, et la recommandait, par tous les genres d'influences que les candidats à l'Académie ont à leur disposition, à la bienveillance de quiconque devait désigner, dans sa phrase, le phénomène de l'imbibition, que le mot *endosmose* semblait traduire d'une manière plus harmonieuse. Nous sommes loin de vouloir blâmer ces peti-

tes complaisances de langage; les protégés ne sauraient montrer à moins de frais leur dévouement aux protecteurs, ni les lauréats à ceux qui distribuent les couronnes. Il nous a seulement paru utile d'exposer comment on fait des lois à l'Institut, et comment on les amende.

813. Nous ajouterons une dernière observation, qui n'est pas une des moins capables de faire concevoir où l'on en était alors, sous le rapport de l'étude des tissus organisés. Pour répondre à ce que nous avions dit de l'albumine, et pour démontrer que l'on devait attribuer le phénomène de l'endosmose à la *vis à tergo* de la vessie, et non à la propriété d'imbibition de l'albumine, l'auteur avançait, dans une lettre à l'Institut, que l'albumine de l'œuf par elle-même était sans affinité pour l'eau. En effet, ayant déposé, dans un tube rempli d'eau, une certaine quantité d'albumine, celle-ci s'était rendue au fond du vase, sous un volume que l'auteur avait pris soin de noter; or, disait-il, ce volume n'avait pas changé après vingt-quatre heures de séjour; ainsi l'albumine n'avait aucune affinité pour l'eau. Nous répondîmes que l'albumine étant un tissu organisé, dont les mailles étaient turgescentes d'une substance soluble, celle-ci se mêlait à l'eau ambiante, sans que la cellule se vidât, puisque l'eau remplaçait la portion éliminée. Or le tout ne devait pas changer de volume, quand la partie n'en changeait pas; le tissu albumineux déposé au fond du verre devait donc avoir l'air d'être toujours au même niveau, tout en se vidant de la substance soluble, qui auparavant remplissait ses mailles, et qu'à fur et à mesure l'eau ambiante venait remplacer. Quant à l'eau qui surmontait ce tissu, elle devait n'avoir pas l'air de changer de nature, en se saturant d'albumine soluble, puisqu'elle conservait sa limpidité (27). Mais nous faisions observer que, si l'on voulait s'assurer de la présence de l'albumine dans cette portion limpide, il suffisait d'en extraire une goutte, et de la présenter à la chaleur, pour obtenir une masse coagulée. L'auteur retira son explication, qui, du reste, était en harmonie avec les

fausses idées qu'on s'était faites de l'albumine à cette période de la chimie.

814. En sorte que la loi de l'*endosmose* a cédé le terrain à mesure que l'expérience le lui a disputé; elle a fait, si je puis m'exprimer ainsi, le tour du monde en reculant, perdant son bagage de distance en distance, mais n'en conservant pas moins son nom, ou au moins l'un des deux. Avantage inappréciable des radicaux grecs qui survivent à la chute de l'idée, et s'impatronisent dans la science, même alors que la science ne croit plus au fait! Que resterait il, en effet, de ces expériences, si l'auteur avait eu la fatale idée de désigner le phénomène par le mot d'*imbibition*? La puissance du mot grec a servi d'égide à l'équivalent d'un gros volume de palinodies: c'est là tout le secret de la manie des hellénismes, dans les créations nominales.

815. Mais, comme on a dû s'en assurer par l'historique que nous venons d'esquisser, tandis que les chimistes repoussaient dédaigneusement, dans le domaine de la physiologie, tout ce qui se prêtait peu à la méthode d'observation, qui avait fini par encombrer leur science de tant d'êtres imaginaires; de leur côté les physiologistes, restant absolument étrangers aux principes de la chimie, s'amusaient, sans crainte de contrôle, à voir des phénomènes dans des apparences, et à fonder des lois nouvelles. sur un fait mécanique, qui, sans la publicité académique, eût à peine fourni matière à un simple amusement physique. Et lorsque la réfutation leur arrivait du dehors aux uns et aux autres, avec ses allures prolétaires, alors ils s'associaient tous ensemble, pour s'entr'aider d'un concours bien tardif et d'une colère d'ensemble. Pour masquer la faute, on la couvrait d'un appareil métrique; comment dès lors révoquer en doute une loi, que l'on mesurait par un endosmomètre, comme on mesure la chaleur par un thermomètre? Les bons esprits haussaient les épaules; mais dans un corps dépendant de l'autorité, les bons esprits savent combien il en coûte de ne savoir pas se taire, et ils se taisent souvent.

On croirait que nous allons conclure de toutes ces réflexions, qu'il est inutile dès ce moment de se livrer à la polémique, et de soumettre au contrôle du *sens commun*, les élucubrations classiques de la docte assemblée; bien loin de là; ceux, pour qui la recherche de la vérité est un culte et non une spéculation, doivent redoubler plus que jamais de hardiesse et de persévérance; du fond de leur laborieuse solitude, chacun doit surveiller ces faciles travaux, et les ramener sur la route véritable, quand même il devrait tailler sa plume en bois vert, et la faire claquer comme un fouet scientifique. Les ruades d'un pouvoir qui faillit, n'ont jamais été mortelles pour le sage; il en est plus d'un qu'elles ont lancé à l'immortalité; tandis qu'il n'est pas un coup de fouet du sage, qui n'ait profité à la science, et je dirai même à l'humanité, laquelle n'est que la science bien intentionnée dans ses applications.

§ IV. MODIFICATIONS APPORTÉES A L'ENSEIGNEMENT CLASSIQUE DE LA CHIMIE ORGANIQUE.

816. Tandis que les sociétés savantes, ces graves courtisanes de la puissance d'ici-bas, se montraient rétives à la réforme, elles ne laissaient pas que de la subir, quoiqu'à contre-cœur et sans en faire l'aveu. Le professeur faisait passer les nouvelles idées dans ses leçons orales et écrites, sauf à saisir la première occasion plus ou moins favorable de faire expier à l'auteur les irréparables instants que ces travaux ravissaient au sommeil académique. Le physiologiste, qui jusque là avait pris des globules pour des trous, les tissus pour une écume, les organes pour des cristaux, et les cristaux pour des organes, le physiologiste trouvait bientôt un tout petit végétal, qui lui révélait, à lui seul, sur l'espace d'un millimètre, et dans un instant, toute la théorie qu'il avait cherché à étouffer, pendant tant d'années; six planches *in-folio* suffisaient à peine à mettre alors la théorie dans tout son jour. Le chimiste,

qui jusque là avait relégué ces sortes de travaux dans le vil domaine du physiologiste, avait grand soin de supprimer, à chaque édition de son ouvrage classique et universitaire, un chapitre malencontreux, dont dès lors il était défendu de parler. Et après qu'ils eurent reculé jusqu'au point tracé par la nouvelle méthode, et qu'ils furent sûrs que pour le moment ils pouvaient se reposer, sans trop de crainte, ils s'écrièrent que, nonobstant cela, ils ne possédaient pas un bon *système de chimie organique*, se condamnant ainsi en masse, afin de mieux en condamner un seul.

Laissons-les continuer d'agir de la sorte, et passons en revue les progrès qu'ils ont faits dans leurs récentes éditions. Non pas que nous ayons la prétention d'examiner successivement les productions professorales, qui ne sont que des copies plus ou moins altérées les unes des autres; nous avons un meilleur emploi à faire de notre temps; nous nous arrêterons aux trois seulement qui offrent une forme et une distribution différente.

817. Première classification de Thénard. « L'auteur, disions-nous dans la première édition de notre ouvrage, a divisé la chimie organique en deux grandes sections, l'une consacrée à la chimie végétale et l'autre à la chimie animale. Cette distinction, excellente pour la physiologie qui s'occupe exclusivement des fonctions, ne saurait être, dans l'état actuel de la science qui analyse les molécules, qu'un vague pressentiment, sur lequel on ne peut rien fonder de solide; aussi est-on tombé par là dans l'absurde nécessité de séparer les choses les plus analogues, et de réunir les plus disparates. Quelle différence essentielle établir en effet entre les huiles végétales et les huiles animales, entre les résines végétales et la résine de la bile, entre l'albumine végétale et l'albumine animale? et quelle définition distinctive peut-on nous donner de la substance animale et de la substance végétale? Dira-t-on encore que celle-là est azotée et que l'autre ne l'est pas?

mais le gluten qui est végétal est azoté, et la graisse qui est animale ne l'est pas; du reste, des mélanges ammoniacaux peuvent à l'analyse (288) simuler des substances dites azotées; il faudra donc en venir à dire que l'une est tirée du règne végétal et l'autre du règne animal; mais ce n'est plus la chimie qui nous fournit les éléments de cette distinction, c'est la botanique et la zoologie. »

818. « Thénard divise les matières végétales neutres, en substances, chez lesquelles l'hydrogène et l'oxigène sont dans les proportions nécessaires pour former de l'eau (gomme, sucre, etc.), et en substances chez lesquelles l'hydrogène est en excès. Mais bientôt on le voit placer, dans ces dernières, les gommes-résines qui participent des deux divisions. Observez encore qu'en se fondant, pour classer les corps, sur les résultats de l'analyse élémentaire, il faudrait séparer les huiles essentielles en deux ordres distincts : les unes privées totalement d'oxigène, et les autres en possédant une quantité notable. Nous voyons, dans les substances animales, des matières liquides, et des matières molles ou solides; et, dans le chapitre des liqueurs des sécrétions, nous trouvons la lymphe, le lait, la liqueur spermatique, la bile qui renferment des matières molles, et aussi molles, quoique plus divisées, que la matière cérébrale. Le sang se trouve dans une section séparée de la lymphe. Les corps gras neutres se trouvent, à une distance immense des corps gras acides, qui n'en sont qu'une transformation et sans doute qu'un mélange. La fibrine, l'albumine et la matière caséeuse, sont à une égale distance du sang, du mucus animal et du lait. Enfin des chapitres rejetés tantôt à la fin, tantôt au commencement, renferment pêle-mêle tout ce que l'arbitraire n'a pu faire entrer dans un cadre aussi large et aussi complaisant. »

819. La critique n'a pas été tout-à-fait perdue, et le rédacteur de la sixième édition de cet ouvrage universitaire, laquelle a paru en 1835, a refondu en entier cette partie de

traité, d'après quelques uns de nos avertissements. Quoique la sixième édition ne possède de Thénard que le nom, qui lui sert d'égide, et que les hautes fonctions du pair de France aient laissé, à l'académicien et au membre du conseil royal de l'instruction publique, peu de temps pour surveiller la rédaction, dont l'illustre auteur s'est constitué avec tant de modestie l'éditeur responsable, quoiqu'à ce titre il nous fût permis d'attacher peu d'importance à l'examen du travail, cependant, comme le privilége universitaire poursuit le livre à l'infini, dans toutes les modifications qu'il serait dans le cas de recevoir, nous ne saurions nous dispenser de lui continuer notre critique.

820. Au retour fréquent des citations, on devine, sans crainte de se tromper, le nom de celui qui a été chargé de la dictée, et le nom de ses principaux amis; ces noms indiquent d'avance l'esprit et la bonne foi de la rédaction de l'ouvrage.

Quant à l'exécution, on a abandonné 1° la grande distinction de la chimie organique en chimie végétale et chimie animale; 2° la division secondaire, en substances, chez lesquelles l'hydrogène et l'oxigène sont dans les proportions nécessaires pour former de l'eau, et en substances chez lesquelles l'hydrogène est en excès, division qui se représente dans les sous-sections, comme en se glissant et peu assurée d'elle-même. Mais, malgré tout le dédain avec lequel on reléguait (806) un certain ordre de faits dans le domaine de la physiologie, les rédacteurs, après avoir consacré tout le quatrième volume à l'étude des diverses substances végétales et animales, ont abordé, dans le cinquième volume, l'étude physiologique de ces corps, en deux livres, dont l'un est consacré à la *physiologie chimique végétale*, et l'autre à la *physiologie chimique animale*. Or, si la physiologie est une science tout-à-fait étrangère à la chimie organique, pourquoi l'ont-ils abordée? si ces deux sciences ont le même objet pour étude, pourquoi les ont-ils séparées? A ce sujet ils ont jugé à propos de garder le plus profond silence; ils n'ont pas

même pris la peine de définir la chimie et la physiologie. Si on leur demandait : pourquoi placez-vous l'étude des semences dans la physiologie? ils répondraient sans doute : parce que ce sont des organes; mais alors pourquoi placer l'amidon et le ligneux qui ne se composent que d'organes, dans la chimie? est-ce parce que ces organes sont tout petits? mais il est dans la nature, des graines et des œufs qui sont encore plus petits que des grains de fécule. Pourquoi reléguer la fermentation dans la physiologie, et chercher à expliquer l'origine du vin et de l'alcool dans la chimie? pourquoi s'occuper du ligneux dans la chimie, et ensuite du bois dans la physiologie? pourquoi de la fibrine et de la matière colorante du sang dans la chimie, et puis du sang dans la physiologie? du caséum dans l'une et du lait dans l'autre? le Janus aux deux faces n'est pas l'emblème de l'étude de la nature; ce n'est pas là un mode bon ou mauvais de classement, c'est un simple déclassement.

821. Dans la chimie, la division en substances azotées et non azotées joue un très grand rôle; mais la gomme, qui est azotée, ne s'en trouve pas moins accolée à l'amidon, qui ne l'est pas. Puis viennent, en forme d'axiome, les idées théoriques de Dumas, et ces idées se traduisent en termes grecs, selon l'usage. Nous y trouvons l'uréthane, pour désigner un éther, parce que Dumas pense que cet éther est un carbonate anhydre d'ammoniaque et de gaz oléfiant, vu que la formule de sa composition élémentaire, obtenue en vertu du jeu de plume, dont nous avons déjà parlé (801), étant $= C^6\ Az\ H^7\ O^4$, peut être représentée, en vertu d'un autre jeu de plume, par l'une ou l'autre des formules suivantes :

$$(C^2\ O^4,\ C^8\ H^8,\ H^2\ O) + (C^2\ Az^2\ H^4\ O),$$
$$(C^2\ O^2,\ C^8\ H^8) + (C^2\ O^2,\ Az^2\ H^2).$$

Puis vient la méthylène, qui serait en français l'esprit de bois, et qui a ses carbonates, ses sulfates, ses azotates de méthylène, ou de bicarbure d'hydrogène C H.

Puis les amides qui renferment l'urée et un oxalate pyrogéné

d'ammoniaque; le mercaptan ou mélange d'eau, d'acide sulfurique et d'alcool; tous noms qui ne rachètent certainement pas leur insignifiance, par le mérite de l'euphonie.

Les acides organiques et les prétendues bases salifiables ont conservé leur ancien rang et leurs anciennes dénominations, et se trouvent en tête de cette classification, ou plutôt de ce catalogue chimique; car nulle dichotomie générale n'est là pour donner, à ce recueil de faits, la physionomie d'un système philosophique.

822. Despretz, en 1830, a pris une marche toute différente. Entraîné par l'exemple, il a arrangé la chimie organique en *Familles naturelles* (*), comme Beudant l'avait déjà fait pour les minéraux. On conçoit qu'on distribue les végétaux et les animaux en familles; car là il y a génération, filiation, consanguinité, analogie de races; mais quand il s'agit de molécules brutes et privées de la vie, dont l'analogie tout entière réside dans les réactions, les idées se heurtent, et les mots hurleraient de se trouver ensemble, si le mot *famille* ne revenait pas exactement à celui de *classe*, qu'on employait avant nous. Ainsi ce mode de classification ne diffère que dans les termes, et son air de nouveauté tient absolument à la facilité avec laquelle nous nous payons de mots. Quant au mérite intrinsèque de la classification adoptée par Despretz, il est évident qu'il n'efface pas celui de la classification de Thénard. Des chapitres décorés du nom de famille, mais qu'aucun lien

(*) C'est à Adanson qu'appartient la gloire d'avoir classé les plantes par familles, d'après l'idée de Magnol de Montpellier. Les *familles des plantes* du premier auteur sont un monument immortel d'érudition et de philosophie. Après la mort de ce grand homme, A.-L. de Jussieu, par une méthode fort naturelle du reste, eut le bonheur de voir passer la gloire de l'invention d'Adanson dans sa famille; et c'est depuis cette époque qu'il devint en France de mode de mettre tout en *familles naturelles*, tout jusqu'aux minéraux. (*Voy. Nouv. syst. de physiologie végétale*, etc., tom. II, pag. 388, 1836.)

ne vient réunir et coordonner, sont là comme autant de pièces de marqueterie, par la seule raison qu'on les y a mises. Quant aux espèces que l'on trouve réunies dans les divers chapitres, l'auteur évidemment ne semble pas s'être beaucoup mis en peine pour en saisir les rapports; le tannin est à côté du sucre de réglisse; l'urée est à côté de la caséine, de la matière glutineuse de l'indigo; la fibrine bien loin de l'albumine et séparée du sang par les alcalis végétaux; enfin la *cire verte des feuilles*, à 50 pages de la *chlorophylle*, qui n'en diffère que par le mot. Il faut avouer que la *fraternité* n'est pas la vertu distinctive de ces sortes de familles.

823. Berzélius a conservé la distinction de substances végétales et animales, mais sans adopter aucune classification dichotomique ou par familles. Dans la *Chimie végétale*, qui a paru dernièrement en France, on voit, à la suite les uns des autres, les acides végétaux, les alcalis végétaux, l'amidon, les gommes, les sucres, le gluten, les huiles grasses et volatiles, les résines, les extraits, les matières colorantes, et ensuite l'analyse des organes des plantes d'après l'ordre botanique (*racines*, *tiges*, *feuilles*, *fleurs*, *fruits*); le tout terminé par l'exposé des produits de la décomposition des plantes. Ce n'est ni un système, ni une classification, mais une table de matières volumineuse. Au reste, avec l'espèce de dédain que Berzélius professe pour les résultats obtenus par l'alliance de la physiologie à la chimie, le parti que ce savant suédois a pris était le plus sage. Il est à regretter seulement que la rédaction d'aussi vastes matériaux puisés dans une bibliothèque spéciale, que cette rédaction, dis-je, soit un peu rapide et entassée, et que l'auteur, pressé par le temps sans doute, ait été obligé de nous transmettre de longs extraits, au lieu d'analyses substantielles. Du reste ces deux volumes sont un répertoire utile de faits publiés dans le monde savant, mais dans le cercle exclusif de la chimie en grand.

824. A la lecture du *Traité de chimie de Berzélius* et de

ses *comptes rendus annuels*, les Français remarquent que l'auteur s'en rapporte, sur la valeur des chimistes de notre patrie, à quelques individus, qui, chaque année, ont mission d'aller dans les régions lointaines établir, de ville en ville, le tarif des réputations de notre climat. On voit l'auteur, en effet, citer mainte et mainte fois, comme des autorités de bon aloi, des noms qui chez nous n'offrent pas l'ombre d'une garantie, et enregistrer comme des moyennes déduites d'une série d'expériences sagement dirigées, des nombres obtenus, dans le cabinet, en prenant la moyenne des nombres déjà publiés dans les livres; enfin, les *comptes rendus* de Berzélius sont bien inférieurs encore en prudence aux *comptes rendus* de notre Académie des sciences, dans lesquels on n'oserait pas faire entrer en ligne de compte les travaux enregistrés par l'auteur suédois. Il est inutile de faire observer que nous n'exerçons pas plus ici des représailles, contre l'académicien de Stockholm, que contre les académiciens de Paris, et que nous n'avons rien moins que l'intention de nous venger du silence que ces messieurs ne rompent à notre égard, que pour se permettre des malices bien innocentes du reste, et que nous leur payons à l'échéance, en assez beaux écus *au soleil*. Nous les invitons à nous continuer la faveur d'une exclusion qui nous honore, et à ne jamais nous placer dans le cortége de leurs autorités; nous ne croyons pas nous exposer en France à être démentis, en assurant que nous nous y trouverions en trop mauvaise compagnie; c'est aujourd'hui un fait démontré.

825. Il ne faudrait pas croire cependant que les maîtres indigènes ou étrangers restent sourds aux avertissements de la nouvelle méthode; depuis dix ans ils ont eu de fréquentes occasions d'en profiter; seulement au lieu de suivre franchement l'impulsion donnée, il se laissent un peu trop traîner à la remorque; ils n'adoptent une vérité nouvelle que lorsqu'il ne leur est plus permis décemment de la répudier; et

c'est le public et ce sont les élèves qui se chargent ainsi de dicter au maître la leçon qu'ils attendent de lui? d'où il advient que la leçon se donne d'assez mauvaise grâce; car les disciples, dans leurs *mémoires sur des sujets spéciaux*, s'empressent, depuis dix ans, de revenir sur bien des choses, de passer condamnation sur bien des doctrines universitaires, et laissent là les méthodes d'observation, dont ils n'ont pas tardé à reconnaître les faux pas. La science rentre dans une voie toute nouvelle; pardonnons un peu d'humeur à ceux qui se trouvaient si bien dans l'ancienne; et n'exigeons pas du vieillard, qu'il s'accommode, avec gaieté de cœur, des allures de la génération qui lui succède et qui le devance. Nous aurons notre retour nous aussi; prenons dès à présent le parti de ne pas nous montrer plus quinteux que nos pères.

§ V. EXPOSITION DU NOUVEAU SYSTÈME DE CHIMIE ORGANIQUE, QUI SERT DE BASE A LA CLASSIFITION.

826. La théorie s'attache à se représenter les lois d'où découlent les phénomènes; le système au contraire s'arrête aux rapports qui lient les faits entre eux, et qui servent à les classer de la manière la plus utile à la mémoire et la plus favorable à d'ultérieures observations.

827. Le mérite d'une théorie et d'un système n'est pas de se fonder sur des bases impérissables, mais d'avoir tracé la route qui se prête le mieux à la recherche des vérités inconnues. La prétention d'avoir créé une théorie invariable et d'avoir stéréotypé, pour ainsi dire, un système, équivaudrait à la prétention de tout connaître, de tout savoir, et de n'avoir plus rien à apprendre. L'homme, dès le premier pas qu'il fait dans la vie, marche vers la vérité qui l'appelle à soi d'une voix irrésistible, tout en se cachant derrière le voile des illusions. La logique a la puissance de nous diriger vers elle, en nous apprenant à distinguer sa voix, à travers celle des échos qui nous trompent; mais la mort seule peut déchi-

rer ce voile qui la dérobe à nos regards, dès qu'elle cesse de parler à notre conscience. Tant que notre âme sera emprisonnée dans ses grossières enveloppes, nous ne saurons donc avoir d'autre prétention que de nous orienter à chaque instant sur la route; de trouver la position nécessaire, pour avoir l'œil tourné sans cesse vers la région du vrai; de classer les notions acquises, afin de les faire servir plus vite à de nouvelles acquisitions; de mesurer l'étendue de ce qui nous reste à connaître, en continuant, par la pensée, la progression qu'établissent les faits observés; de préluder enfin à la possession de la vérité tout entière, par des théories qui lui rendent hommage, en progressant avec les recherches et les faits. La science ici-bas est un culte, dont le dieu ne se révèle à nous que sous les traits de ces idoles, qui changent d'insignes, à mesure que la civilisation perfectionne ses goûts.

828. La meilleure théorie, nous le répétons, n'est donc pas la plus durable, mais celle qui mène le plus vite à son remplacement, celle qui engendre le plus vite; et pour elle, comme pour certains insectes, engendrer, c'est périr.

829. Le caractère d'un système rationnel et conséquent, c'est qu'il permette de rattacher les faits à plus de points de contact, de les mettre en rapport avec plus de sciences, qu'il n'ait rien d'exclusif et de contradictoire, rien qui soit en opposition avec les lois invoquées par les autres sciences; c'est enfin qu'il ne forme pas u[illegible]nt isolé dans la nature, mais une fraction qui tienne aux autres par des nuances et non par des lignes de démarcation, par des transitions graduées et non par des murs de séparation. La science doit être un cercle, où les systèmes tournent, à la circonférence, autour du centre commun, qui est, la nature en elle-même, et la vérité par rapport à nous. Tout système qui tourne entre un commencement et une fin serait absurde; car il aurait la prétention de lier des phénomènes, sans tenir à rien. Nous n'osons nous flatter que d'avoir préparé de fort loin un semblable système, par celui que nous allons exposer.

830. L'analyse élémentaire démontre que tout organe végétal ou animal se résout, par le feu, en gaz d'un côté, et de l'autre en cendres terreuses. Les gaz sont l'oxigène, l'hydrogène, le carbone combiné avec l'un ou l'autre, et l'azote, qui manque fréquemment, et qui n'entre pas, comme un élément indispensable, dans la structure d'un organe. Mais l'analyse démontre en même temps que la plupart des substances inorganiques et cristallisées donnent au feu les mêmes produits, et que les carbonates hydratés se séparent alors en deux portions, dont l'une terreuse et basique, et l'autre se composant d'acide carbonique et d'eau, c'est-à-dire de carbone, d'hydrogène et d'oxigène. Chimiquement, les substances organisées ne diffèrent donc pas des substances inorganiques; mais remarquez que la chimie désorganise, et qu'ainsi la phrase précédente équivaut à celle-ci . les substances organisées ne diffèrent pas des substances inorganiques, une fois qu'elles ont été désorganisées. La différence des deux règnes doit donc être recherchée avant toute désorganisation; et dans ce but, la chimie doit s'identifier et se confondre avec la physiologie et l'anatomie.

831. Or, la physiologie nous apprend que certaines substances organiques, qui, par la décomposition élémentaire, se résolvent en bases, en gaz acide carbonique et en eau, sont des organes vésiculaires, qui c[illegible]nt et enfantent dans leur sein d'autres organes de même structure et de même aptitude (*), et cela par un mécanisme qui est susceptible de se reproduire simultanément et à l'infini. D'un autre côté, la cristallographie constate que le gaz acide carbonique et l'eau, en s'unissant à une base terreuse sous forme cristalline, ne s'accroît en surface qu'à l'aide de juxta-positions successives et bout à bout, que l'instrument tranchant peut isoler par le clivage; tandis que les fractions des organes ne sont susceptibles de l'être que par le déchirement.

(*) Voy. *Nouv. syst. de physiol. végét. et de botanique*, tome 1er, § 485, 1836.

832. La différence essentielle qui existe, entre les substan-
es inorganiques et les substances organiques, c'est que les
ux et les bases cristallisent pour former les premières, et
u'ils s'organisent pour former les secondes. L'organisation
st donc une cristallisation vésiculaire; et dès que les sub-
ances élémentaires se sont combinées sous cette forme, elles
cquièrent une propriété distincte et spéciale, qui, à elle
eule, constitue un nouveau règne, celui de la vie, qui est la
i du développement. Cherchons à nous faire une idée de la
arche que suit la nature, pour arriver à organiser des élé-
ients, qui cristallisent, lorsqu'ils sont soumis à d'autres lois.

833. Que l'on prenne un organe tellement simple et si
ien isolé, qu'on soit en droit, après quelques lavages, de le
onsidérer comme réduit aux parois qui constituent son orga-
isation, des fibrilles de coton, par exemple (*) (pl. 2, fig. 11),
ue l'on aura laissées séjourner préalablement, d'abord dans
'acide hydrochlorique, assez étendu d'eau pour ne point dés-
rganiser la substance, et pour ne faire que lui enlever les sels
alcaires, dont ses parois seraient dans le cas d'être tapissées,
t ensuite dans l'eau distillée, dans le but de laver ces parois,
t de l'acide, et de la gomme soluble qu'elles renfermaient
rimitivement dans leur capacité tubulaire. Que l'on ap-
roche l'une de ces fibrilles de la portion blanche de la
lamme d'une chandelle, elle s'incinèrera, et dans la cendre
n trouvera presque en totalité la chaux (692); on aura ainsi
liminé toute la partie que nous sommes convenus d'appeler
rganique. Que d'un autre côté on dépose une certaine
uantité de ces fibrilles de coton ainsi préparées dans l'acide
ulfurique concentré, elles s'y dissoudront comme de la
raisse dans l'éther. Une fois que les fibrilles auront fondu dans
'acide, qu'on étende d'eau distillée la dissolution, on observera

(*) Chaque fibrille de coton est un tube d'abord cylindrique et tur-
gescent, qui s'aplatit, en s'épuisant des sucs qu'il recélait dans le principe.
Sa structure est exactement la même que celle des poils de graminées.

qu'une goutte de liquide laisse, en s'évaporant sur le porte-objet du microscope, des aiguilles de sulfate de chaux. Que l'on sature alors l'acide par du carbonate de chaux pur, par la plus belle craie ordinaire; que l'on décante la portion liquide après complète saturation de l'acide, et après l'avoir laissée en contact un ou deux jours avec le carbonate en excès. On obtiendra, par évaporation au bain-marie, une substance gommeuse; que dis-je? la gomme avec tous les caractères qui la caractérisent essentiellement. La paroi végétale se compose donc chimiquement d'une portion gommeuse et d'une portion terreuse, si intimement combinées ensemble, que les réactifs ne peuvent les désunir, qu'en désorganisant le tissu.

834. Les grains de fécule, qui sont des organes isolés; la moelle, qui ne se compose que de cellules ligneuses (*) vidées de toute substance étrangère à leur tissu; enfin tous les organes végétaux qui ont acquis une consistance ligneuse, et qui tous alors sont réduits aux parois de leurs vésicules accolées ensemble, offrent les mêmes phénomènes, dans cette expérience, et présentent à l'analyse la même composition; ils résultent tous d'une association intime de bases terreuses et de gomme.

835. Or, la gomme peut être représentée comme une combinaison d'une portion en poids de carbone et d'une portion d'eau. La paroi des cellules végétales et organes vasculaires, résulte donc de l'association organisée d'une base terreuse avec le carbone et l'eau.

(*) Etendez, sur une lame de verre, un fragment d'épiderme, que vous aurez préalablement lavé de la manière ci-dessus; étudiez et mesurez-en la structure au microscope; exposez ensuite cette lame à l'action des charbons incandescents jusqu'à complète incinération (749): observé de nouveau au microscope, le tissu semblera avoir résisté à l'action dévorante du feu, tant la réticulation de ses mailles aura conservé son aspect et ses dimensions; et cependant une goutte d'acide étendu suffira, pour démontrer à l'observateur, qu'il n'a sous les yeux que des cendres.

836. Dans le règne animal, on rencontre, presque tout autant que dans le règne végétal, des tissus, dont la charpente offre à l'analyse les mêmes éléments et les mêmes proportions, que ceux dont nous venons de parler; de ce nombre sont spécialement les élytres des insectes.

837. Mais, dans l'un et dans l'autre règne, il se présente un bien plus grand nombre peut-être de substances, qui donnent à l'analyse de l'azote, outre les trois espèces de gaz ci-dessus. On en a conclu, sans autre considération, que ces substances étaient des composés quaternaires d'oxigène, d'hydrogène, de carbone et d'azote, composés que l'on avait même désignés, dans le principe, sous le nom de substances animales ou substances azotées, dans la persuasion, où l'on était, que les substances autrement organisées formaient l'exception dans le règne animal et la règle dans le règne végétal. Les corporations universitaires, en effet, qui ne manquent jamais d'accabler de leur proscription les théories qui naissent du dehors, ne se montrent rien moins que difficiles sur l'adoption des théories qui émanent de l'un de leurs membres; il eût été heureux, pour l'étude de la chimie organique, que la théorie des composés ternaires et quaternaires, et de la distinction en substances animales et végétales, fût venue du dehors; elle n'eût pas entravé d'un jour la marche de la science. Comment, en effet, eût-on adopté la distinction en substances animales et substances végétales, alors qu'on aurait eu sous les yeux l'analyse des tissus glutineux et jeunes des végétaux, qui sont aussi azotés que l'albumine animale et que les tissus les plus azotés des animaux? Quant à la distinction en substances ternaires et substances quaternaires, elle était fondée sur le fait de la désorganisation; c'est à ce fait qu'il fallait s'arrêter, et ne la donner que comme un résultat de l'analyse, sans chercher à expliquer, par le phénomène de la désorganisation, l'organisation elle-même. Une simple idée était dans le cas de renverser l'échafaudage de la

théorie; et ce qui nous a toujours paru inexplicable, c'est que cette idée ne soit jamais venue à l'esprit d'aucun chimiste; elle ne date que de nos premiers travaux. La voici: Ne pourrait-il pas se faire que l'azote, que l'analyse élimine des substances dites *animales azotées* ou *quaternaires*, provînt de l'azote de l'air que les tissus renferment en si grande quantité pendant leur vie, et qu'ils emprisonnent et retiennent avec tant de ténacité après leur dessiccation? ou bien que l'azote provînt de la décomposition de l'ammoniaque libre ou combiné, dont le tissu serait imprégné ou incrusté? Si cela est possible, toute la théorie tombe par ce seul fait.

838. Or, la première hypothèse se démontre aisément; nous prendrons pour exemple le gluten de la farine, substance éminemment azotée et animale. Le gluten s'isole de la fécule par la malaxation : on fait une pâte, en pétrissant la farine avec de l'eau, et quand la pâte a acquis une certaine consistance, on la place sous un filet d'eau, en continuant de la presser entre les deux mains, jusqu'à ce que l'eau ne passe plus laiteuse. Il reste alors une masse élastique, ductile et collante. Or, comment croire, sans parler de l'air que le gluten avait emprunté à la végétation, comment croire qu'il n'en ait point emprisonné, dans ses mailles factices, une quantité considérable, alors que tant de fois la traction et la pression en ont déchiré et soudé la substance. Du reste, on s'assurera du fait sous la machine pneumatique, en recouvrant la masse glutineuse avec du mercure; il faudra, en effet, plus d'un coup de piston pour qu'il cesse de se dégager des bulles gazeuses à travers le bain métallique. Ce n'est pas, il est vrai, sous cette forme que l'on soumet le gluten à l'analyse élémentaire (224); c'est à l'état d'une complète dessiccation, et après l'avoir pulvérisé. Mais la machine pneumatique servira également alors à démontrer la présence de l'air dans la substance desséchée ou réduite en poudre, si on a soin, comme dans le premier cas, de recouvrir la masse poudreuse d'un bain de mercure, dans un vase à goulot très étroit, ou bien dans un sachet, que l'on tiendra plongé sous le mercure.

839. Nous avouerons que cette quantité d'air, renfermée artificiellement dans un tissu organisé, ne représente pas, dans tous les cas, toute la quantité d'azote que dégage l'analyse élémentaire; mais enfin elle y entre pour une portion, dont on n'a nullement tenu compte. Passons à la seconde hypothèse, qui joue le rôle principal dans notre explication. Quelle différence signalerait l'analyse élémentaire, entre ce que l'ancienne chimie désignait sous le nom de substances quaternaires et azotées, et une substance ternaire que l'on aurait préalablement imprégnée d'un sel ammoniacal? Aucune; et avant tout avertissement, le chimiste ne manquerait pas de ranger cette dernière au rang des premières, sur la foi de la décomposition par le feu. Car l'ammoniaque se décompose en azote et en hydrogène, lorsqu'elle est en contact avec les charbons incandescents, et surtout quand elle est en contact avec certains métaux (266); dans l'hypothèse d'un mélange d'une substance dite ternaire avec un sel ammoniacal, l'hydrogène de l'ammoniaque ira grossir la quantité d'hydrogène provenant du fait du tissu organique lui-même, et l'azote de l'ammoniaque s'isolera sous forme d'un quatrième élément de la substance organisée. La chimie n'était donc nullement fondée, à diviser les substances organiques, en substances ternaires et substances quaternaires, en substances non azotées et substances azotées, en substances végétales, enfin, et substances animales, à cause de la différence qu'elle observait entre les produits gazeux de la décomposition élémentaire des unes et des autres.

840. Mais le fait n'est pas seulement possible, il est réel. La gomme arabique est imprégnée d'une quantité considérable d'ammoniaque, que l'on reconnaît aux papiers réactifs en carbonisant la substance, et qui échappe à l'analyse, lorsque celle-ci cherche à recueillir les produits en l'incinérant; ce qui certainement ne milite pas en l'honneur de l'analyse élémentaire. L'eau distillée, dans laquelle on a laissé séjourner plus ou moins long-temps de l'albumine, ou du gluten, ou toute autre

substance dite animale, couvre le porte-objet, en s'évaporant spontanément, de magnifiques arborisations (pl. 8, fig. 12 *dd'*), que les réactifs démontrent appartenir, dans le plus grand nombre de cas, à l'hydrochlorate d'ammoniaque.

841. Qu'on abandonne à l'air un mélange de sucre et d'huile ordinaire, le mélange, au bout de trois ou quatre semaines, ne tardera pas à prendre une consistance glutineuse. Que l'on dépose une certaine quantité de ce gluten dans l'ammoniaque liquide; une portion se dissoudra dans le menstrue, pour s'en déposer, par évaporation, sous forme de globes oléagineux de divers diamètres, et parfaitement bien isolés; mais une autre portion bien plus considérable restera insoluble au fond du vase, même après un fort long séjour. Cette masse, retirée de l'ammoniaque, et après l'évaporation du menstrue, offrira tous les caractères du gluten retiré de la farine par la malaxation manuelle, tous, jusqu'à son odeur caractéristique; elle ne se prendra pas aux doigts; elle ne fera, au contraire, qu'acquérir, roulée entre les mains, une élasticité plus consistante. Abandonnée dans l'eau distillée pendant vingt-quatre heures, elle ne se sera pas départie de la moindre parcelle d'alcalinité, et les papiers réactifs n'en révèleront pas la moindre trace, après le contact le plus prolongé. Mais il suffira de chauffer la substance sur une lame de verre, au moyen des rayons solaires concentrés par une lentille, pour en dégager des vapeurs ammoniacales reconnaissables instantanément aux papiers réactifs. Voilà donc une substance azotée, aussi bien caractérisée que le gluten de la farine, et que pourtant l'on a formée de toutes pièces, par la simple imprégnation d'un mélange de sucre et d'huile (deux substances entièrement dépourvues d'azote), avec de l'ammoniaque liquide. Que serait-ce si, au lieu d'ammoniaque, on avait imprégné le mélange avec un sel neutre ammoniacal?

842. L'explication que nous donnons sur l'origine de l'azote, dans l'analyse des substances dites azotées, est donc rationnelle; elle est fondée sur des expériences probantes.

L'explication contraire ne découlait d'aucune induction; c'était une assertion gratuite, et non la conséquence d'un raisonnement; c'était une opinion improvisée, et non une théorie. Les considérations, dans lesquelles nous venons d'entrer, alors même qu'elles ne seraient pas acceptées comme les éléments définitifs d'une démonstration, mais comme les bases d'un doute philosophique, c'est-à-dire d'une théorie ordinaire; ces considérations, dis-je, ne permettent plus d'attacher une valeur quelconque à l'ancienne distinction.

843. Les nombres fournis par l'analyse élémentaire des chimistes, bien loin d'infirmer notre hypothèse, se prêtent au contraire admirablement à ses combinaisons. En combinant, en effet, entre eux et de diverses manières, les nombres proportionnels des quatre éléments gazeux, que l'analyse élémentaire recueille de la combustion des substances dites azotées, on arrivera facilement à se les représenter, comme un mélange d'une substance organique non azotée, et composée, comme la gomme, de carbone et d'eau, plus d'ammoniaque, plus d'un peu d'hydrogène bi ou protocarboné. Nous allons présenter, dans les tableaux ci-dessous, un essai de ces sortes de combinaisons théoriques, pris sur les analyses de la gélatine, de la fibrine et de l'albumine, telles que les a publiées Gay-Lussac. La première colonne renferme les nombres de l'analyse élémentaire, dépouillés de leurs fractions pour la facilité du calcul (257); la deuxième, les quantités à prendre sur chacun de ces nombres pour représenter, en se combinant, l'eau, l'ammoniaque et l'hydrogène bicarboné, dont les proportions se lisent dans la troisième colonne.

844. GÉLATINE d'après GAY-LUSSAC.

CARBONE.	OXIGÈNE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
47,881	27,207	7,924	16,988

COMBINAISONS DE CES NOMBRES.

Carbone........	48....	41,57	41,57 carbone.
Oxigène........	27...	27,00..	30,36 eau.
Hydrogène......	8	.. 3,36..	
		.. 3,59..	20,59 ammoniaque.
Azote...........	17...	17,00..	
Reste : Hydrogène...		1,05..	7,48 hydrogène bicarboné (*).
— Carbone..........		6,43..	
TOTAUX.........	100	100,00	100,00

---

845. ALBUMINE d'après GAY-LUSSAC.

CARBONE.	OXIGÈNE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
52,883	23,872	7,540.	15,705

(*) Ou bien, en supposant que cet hydrogène existe dans la substance à l'état de gaz oléifiant ou hydrogène protocarboné, le carbone combiné avec 1,05 d'hydrogène serait 3,21, et le carbone combiné avec l'eau, en substance organique, serait 44,79, au lieu de 41,57.

Dans la première édition de cet ouvrage (p. 135), le calcul avait été établi d'après les nombres de l'analyse, et en conservant les décimales dont nous croyons avoir démontré ci-dessus le peu d'importance en fait d'analyses élémentaires ; aussi, dans cette deuxième édition, prendrons-nous le parti de les négliger entièrement, comme des inutilités qui nuisent à la clarté des rapports numériques.

COMBINAISONS DE CES NOMBRES.

Carbone........	53....	41,73..	41,73 carbone.
Oxigène........	24	24,00..	26,99 eau.
Hydrogène......	8	.. 2,99..	
		.. 3,17..	18,17 ammoniaque.
Azote..........	15 ...	15,00..	
Reste : Hydrogène.......		1,84..	13,11 hydrogène bicarboné (*).
— Carbone........		11,27..	
Totaux.........	100	100,00	100,00

846. FIBRINE d'après GAY-LUSSAC.

CARBONE.	OXIGÈNE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
53,360	19,685	7,021	19,934

COMBINAISONS DE CES NOMBRES.

Carbone........	53...	51,29..	51,29 carbone.
Oxigène........	20...	20,00..	22,49 eau.
Hydrogène......	7	.. 2,49..	
		.. 4,23..	24,23 ammoniaque.
Azote..........	20...	20,00..	
Reste : Hydrogène........		0.28..	1,99 hydrogène bicarboné (**).
— Carbone..........		1,71..	
Totaux.........	100	100,00	100,00

(*) Ou bien, en supposant que l'hydrogène y existe, à l'état d hydrogene protocarboné ou gaz oléifiant, il se combinerait avec 5,63 de carbone pour former 7,47 de gaz oléifiant, et dès lors le carbone, associé à la molécule d'eau, pour représenter la substance organique non azotée, serait 47.37.

(**) Ou bien, en supposant que l'hydrogène existe, dans cette combi-

847. Il serait plus que téméraire de vouloir soutenir que les choses se passent, dans l'organisation de ces substances, exactement comme sembleraient l'indiquer ces nombres. Il nous suffit d'avoir démontré, qu'en employant tout l'azote pour en former de l'ammoniaque, il resterait encore assez d'hydrogène pour transformer tout l'oxigène en eau, le surplus d'hydrogène pouvant être considéré comme formant, avec une certaine portion de carbone, de l'hydrogène proto ou bicarboné. On pourrait varier ces combinaisons de nombres de plusieurs manières tout aussi satisfaisantes; ainsi au lieu de supposer que, dans la gélatine, 41 de carbone soient associés à 30 d'eau pour former la molécule organique, on pourrait supposer qu'une certaine quantité de carbone est combinée avec une partie de l'oxigène et avec l'hydrogène restant, pour former un acide qui saturerait l'ammoniaque. Et ici nous adoptons l'analyse aussi incomplète que le sont toutes les analyses élémentaires, c'est-à-dire sans tenir compte de l'étude des cendres; car il est probable, qu'en introduisant cette donnée dans le calcul, on arriverait à reconnaître sous quelle forme saline l'ammoniaque entrait dans le mélange, que l'analyse élémentaire assimile à un principe immédiat. Supposez, en effet, que l'ammoniaque existe dans un mélange à l'état de phosphate; par l'action de l'élimination du feu, l'ammoniaque se décomposera en hydrogène et en azote, et l'acide phosphorique se reportera sur les carbonates terreux produits par l'incinération; il arrivera de cette manière que les cendres retiendront une moitié d'un sel, dont l'analyse élémentaire s'occupera de recueillir l'autre, sans se douter de son origine.

848. Or, depuis la publication de nos idées sur cette ma-

naison, à l'état d'hydrogène protocarboné ou gaz oléfiant, il se combinerait avec 0,85 de carbone en 1,13 de gaz oléfiant, et dès lors le carbone, associé à la molécule d'eau pour représenter la substance organique non azotée, serait 52,15.

tière, les chimistes sont tombés d'accord que l'analyse des substances azotées ci-dessus ne représente nullement l'organisation de ces substances. On a reconnu avec nous que l'albumine de l'œuf, étant destinée à l'élaboration du *vitellus*, devait nécessairement être un tissu organisé, et partant un mélange de divers sels et de diverses substances organiques renfermées dans les mailles d'un tissu; on a reconnu avec nous que le gluten, bien loin d'être une substance simple, emprisonnait, dans ses mailles artificielles, toutes les substances de la graine que la mouture avait divisées, et que la malaxation doit confondre ensemble. Et ceci n'est plus le résultat d'une hypothèse, c'est un fait acquis par l'observation; il est facile en effet, de distinguer au microscope, dans le gluten le mieux malaxé, des grains d'amidon, du sucre, du son, de l'huile, des poils du péricarpe, des débris de l'embryon et même des arborisations ammoniacales. Or, la fibrine et la gélatine ne sont pas certainement des substances moins mélangées, ainsi que nous le démontrerons en leur lieu, en nous occupant de chacune d'elles.

849. Ainsi, en nous renfermant exclusivement dans les attributions de la chimie, tout nous porte à croire que l'azote des substances organisées, dites azotées, n'y entre pas comme élément quatrième de leur combinaison, mais comme l'élément de l'ammoniaque. L'étude physiologique de l'organisation donne une plus grande importance encore à cette hypothèse, et nous semble la mettre au rang des théories les mieux accréditées.

850. Nous avons établi par l'expérience, que les tissus ligneux végétaux, et quelques tissus analogues, chez les animaux, étaient le résultat d'une combinaison intime d'une substance organique gommeuse d'un côté, et d'une base terreuse de l'autre; mais si cette base, au lieu d'être un alcali fixe, était l'alcali volatil, l'ammoniaque, substance qui dans la nature, remplace avec un égal résultat les autres alcalis,

et produit des combinaisons analogues; si enfin la substance organique s'associait aussi intimement avec l'ammoniaque qu'avec la base terreuse, on aurait dès lors un tissu azoté aussi neutre que les tissus ligneux; seulement il serait plus ductile, plus filant, plus élastique, par la raison qui fait que les savons ammoniacaux sont coulants, que les savons potassiques sont mous, les savons sodiques tendres, et les savons calciques insolubles dans l'eau. L'analyse élémentaire aurait beau ranger les savons ammoniacaux au rang des substances immédiates azotées, la mémoire du chimiste ne lui permettrait pas de perdre de vue qu'il avait composé de toutes pièces ces produits, avec de l'ammoniaque et une substance organique non azotée.

851. Or, nous avons eu déjà l'occasion de composer de la sorte un tissu ammoniacal (841), qui, avant toute espèce d'avertissement, aurait été certainement rangé par l'analyste, au nombre des principes azotés les plus purs.

852. Mais si nous demandons à la physiologie les moyens d'éclairer l'histoire chimique du gluten et des substances albumineuses, nous trouverons que tous les tissus jeunes sont glutineux, filants et élastiques, et qu'à l'analyse ils donnent tous, à cette époque, de l'azote. Peu à peu, et par suite des progrès de la végétation, le tissu, sans changer de structure générale, perd sa ductilité et son élasticité primitive; il devient de plus en plus rigide et s'arrête dans son développement, une fois qu'il a contracté les caractères des tissus ligneux; à cette époque, il ne donne plus d'azote à l'analyse élémentaire; sans avoir changé de forme et d'aspect, il a cessé d'être azoté; à l'analyse, il fournit d'un côté des cendres terreuses, et de l'autre les produits ordinaires de la substance organique : carbone et eau. Ce qui reçoit l'explication la plus satisfaisante, en admettant que la substance organique, pour passer de l'état de jeunesse à son état de vieillesse, de sa ductilité primitive à la rigidité, qui en caractérise la structure

en dernier lieu, enfin de la forme glutineuse à la consistance ligneuse, n'a fait que changer de base inorganique, et que remplacer par une base terreuse l'ammoniaque de son premier état, de même que le savon ammoniacal devient potassique, ou calcique, dans l'eau de potasse ou l'eau de chaux, par une espèce de double décomposition, tout-à-fait analogue à la double décomposition qui est la loi générale et vulgaire de la chimie des corps inorganisés.

853. En conséquence, il est permis d'admettre théoriquement que les substances organisées en tissus, qui sont dites azotées, ne diffèrent, des substances organisées non azotées, que par la nature de la base inorganique qui forme un des éléments du tissu.

854. Or, nous démontrerons en leur lieu que le gluten est un tissu organisé, tout aussi bien que l'albumine de l'œuf; que la fibrine du sang est une précipitation globulaire, un commencement d'organisation; et que tous les tissus dits azotés de l'un et de l'autre règne qui ne cristallisent pas, se rangent dans la catégorie des substances glutineuses ou albumineuses; par conséquent ce que nous avons dit des unes s'applique immédiatement aux autres.

855. La paroi de tout tissu organisé peut donc être représentée par une combinaison de la substance organique, dont la gomme est le type, et d'une base inorganique; mais la gomme étant une combinaison de carbone et d'eau, s'il était permis d'appliquer, aux produits de ce règne, les formules atomistiques qui représentent si bien les faits du règne inorganisé, le tissu organisé serait représenté par la formule suivante $(C+H^2O)+\rho$, $\rho=$ une base inorganique, qui peut être ou la chaux, ou la soude, ou la potasse (*tissus ligneux* et *osseux*), ou l'ammoniaque (*tissus glutineux* et *albumineux*), ou le fer (*tubes de l'alcyonelle des étangs*), ou la silice (*épiderme des graminacées* et *enveloppes de quelques infusoires*), ou le plomb (précipité par la gomme), etc., etc., pour ne pas parler des tissus artificiels, que nous produisons dans le laboratoire, en précipi-

tant les solutions organiques, au moyen de divers sels à base métallique.

856. La substance organique = $C + H^2 O$ a donc précédé le second état d'un développement = $(C + H^2 O) + \rho$. Le tissu ligneux et glutineux a commencé par être gomme. Nous pouvons donc distinguer deux phases différentes et successives du développement chimique, et partant deux ordres de caractères que nous aurons le droit de désigner par deux expressions différentes : SUBSTANCE ORGANISATRICE, ou élément organique des tissus ; et SUBSTANCE ORGANISÉE, ou tissu organisé, par suite de la combinaison, de plus en plus intime, de la substance organisatrice avec une base terreuse, métallique ou volatile.

857. Quant aux proportions de la combinaison, c'est ici que les formules adoptées par la chimie inorganique se trouvent complétement en défaut, que la balance et les pesées les plus exactes doivent faire place à l'étude du développement, étude progressive qui n'accepte les nombres que comme des jalons, et les poids que comme des termes arbitrairement pris sur une série croissante ou décroissante à l'infini. Qui dit développement, dit par ce seul mot toute la phase précédente. Ainsi la substance organique, pour arriver à l'état de substance organisée, s'associera chaque jour des quantités nouvelles d'une base inorganique; et, s'il était possible de surprendre, par l'analyse élémentaire, chaque phase en particulier de ce développement progressif, on trouverait à chaque fois que la proportion de base inorganique serait plus considérable, en sorte que plus la proportion de base augmente, et plus le tissu perd de son élasticité, et se rapproche de la rigidité des tissus ligneux et osseux.

858. Mais on reconnaîtra en même temps, que la substance organique n'offre jamais, à l'analyse élémentaire, les mêmes proportions de carbone et d'eau ; la proportion d'eau étant plus considérable dans les tissus jeunes, et la proportion de

carbone dans les tissus âgés, et cela par une série, décroissante pour l'eau, et croissante pour le carbone, d'une manière illimitée. Par la dessiccation elle-même, on pourra diminuer encore la proportion d'eau, jusqu'à la carbonisation complète; en sorte que l'époque à laquelle s'arrête le chimiste, pour soumettre la substance à l'analyse élémentaire, ne doit être considérée que comme un point arbitrairement pris dans cette série (803). En conséquence, l'eau et le carbone peuvent se trouver dans la même substance, combinés dans toutes les proportions imaginables, sans que l'analyste soit capable de découvrir, à l'une de ces proportions, le moindre caractère qui la distingue de la proportion la plus éloignée. Ainsi, on peut concevoir la paroi de la vésicule organisée, comme composée de carbone uni d'abord à un nombre considérable de molécules d'eau, dont la quantité décroît et semble être remplacée par une quantité de jour en jour croissante d'une base quelconque inorganique.

859. Continuons la progression par la pensée, en remontant jusqu'à l'époque de la combinaison du carbone avec la première molécule d'eau. Tout nous atteste en physiologie que le carbone ne s'associe pas, avec la molécule aqueuse, sous la forme qu'il possède dans la nature inorganique; rien en effet ne se combine qu'à l'état de solution; or le carbone est insoluble dans l'eau; il ne devient soluble et assimilable qu'une fois qu'il s'est combiné avec l'oxigène en acide carbonique, ou avec l'hydrogène à l'état d'hydrogène carboné. Mais l'acide carbonique serait vite saturé par les bases de la sève, et il n'aurait pas le temps de s'assimiler la quantité d'hydrogène nécessaire pour élever son oxigène au rang de l'eau ou des éléments de la substance organique. Il est plus rationnel de penser que la substance organisatrice s'est formée, par l'association croissante du carbone hydrogéné avec l'oxigène de l'air que les tissus déjà formés aspirent, ou avec l'oxigène des autres liquides que l'élaboration des tissus décompose; en

sorte qu'une fois sa quantité d'hydrogène combinée avec la moitié en volume d'oxigène, l'hydrogène carboné est passé à l'état de SUBSTANCE ORGANISATRICE (856).

860. Or, rien n'est plus commun que l'hydrogène carboné liquide dans les mailles des tissus organisés; certaines huiles essentielles peuvent être considérées comme de l'hydrogène carboné pur de tout autre gaz. Et d'autres huiles essentielles qui, physiquement et physiologiquement, possèdent les mêmes caractères essentiels que les premières, fournissent à l'analyse une quantité d'oxigène variable dans chacune d'elles, mais pas assez considérable pour représenter de l'eau avec la quantité d'hydrogène de l'huile. Cette quantité d'oxigène est déjà plus considérable dans les huiles grasses et les graisses; et chacune de ces substances exposée à l'air absorbe de plus en plus l'oxigène de l'air, remarquez bien cette circonstance, et finit par se transformer en un tissu qui, en s'imprégnant de certains sels, acquiert peu à peu tous les caractères des tissus glutineux ou albumineux (841). Ce tissu est ductile, mou, consistant, membraneux, ne tachant plus le papier après un certain séjour dans l'alcool ou dans l'éther, enfin, insoluble dans tous les menstrues autres que les acides énergiques et les alcalis concentrés. Les huiles peuvent donc être considérées comme le premier échelon du développement des *substances organisatrices*. Nous retrouvons aussi les huiles essentielles ou autres, dans tous les tissus naissants, dans le globule élémentaire et de première formation qui recèle la matière verte (pl. 6, fig. 20, *a* et *c*). Il nous sera donc permis de ranger toutes ces substances dans une classe à part, classe pour ainsi dire préparatoire des autres, et consacrée à toutes les substances, chez lesquelles le carbone est associé à l'hydrogène en excès, sans ou avec une quantité inférieure d'oxigène, substances qui, en absorbant l'oxigène capable de remplir les proportions voulues pour élever l'hydrogène à l'état d'eau, sont destinées à former la SUBSTANCE ORGANISATRICE, l'élément organique des tissus organisés. Nous

nommerons ces substances préparatoires : SUBSTANCES ORGANISANTES.

861. Dans leur état de vie, les tissus organisés abondent en une foule de substances qui, par leur nature chimique et leur destination, ne sauraient entrer dans aucune des trois catégories précédentes, mais qui, sans être appelées à se transformer en tissus, ne laissent pas que de contribuer pour leur part à l'œuvre de l'organisation, ou résultent même, en qualité de résidus et de précipité, de la marche de l'organisation même. Ce sont les acides, résultats de la combinaison du carbone avec l'oxigène en excès; ce sont les sels, résultats de la combinaison de ces acides avec les bases, dont la présence serait en état de nuire au développement des organes, ou résultats de la précipitation cristalline d'un liquide absorbé par les parois des tissus, sur lesquelles s'incruste alors le sel, comme cela arrive par une évaporation spontanée; et ces sels peuvent être à base terreuse ou à base ammoniacale. Enfin, la désorganisation des tissus, spontanée ou artificielle, a aussi ses produits, de même que l'organisation a les siens; et ceux-ci offrent déjà une certaine analogie, dans le mode de leur combinaison, avec les substances du règne inorganique; elles forment la transition de l'un à l'autre règne, tirant leur origine de l'un, mais formées sous l'influence des lois qui président aux combinaisons de l'autre; combinaisons en général binaires et à proportions fixes, elles se prêtent aux calculs atomistiques et jamais à un développement progressif. Nous donnerons, à cette double classe de substances, le nom de SUBSTANCES ORGANIQUES.

862. Et là, sur leurs limites, se trouve nécessairement le point de contact avec le règne minéral; car où l'un finit, l'autre commence, pour aller rejoindre le premier par l'autre extrémité. Ce point de contact doit nécessairement occuper une certaine place dans ce traité, et à son tour il doit servir de transition vers la théorie, en terminant la classification.

863. Nous venons de donner le cadre de celle-ci, en n'ayant l'air que de jeter les bases du système. Toutes les substances qui rentrent dans les attributions de cet ouvrage, se classeront dans deux grands embranchements généraux; dans l'un, les ÉLÉMENTS ORGANIQUES des tissus, et dans l'autre les BASES TERREUSES qui, 1° s'incrustent sur les surfaces des tissus; 2° se combinent avec les éléments organiques pour former des substances organisées; 3° ou sont dissoutes dans les liquides qui concourent, en circulant, à l'organisation et aux fonctions des organes. Le premier embranchement aura quatre divisions, consacrées, l'une à l'étude des SUBSTANCES ORGANISÉES, l'autre à celle des SUBSTANCES ORGANISATRICES, la troisième à celle des SUBSTANCES ORGANISANTES, et la quatrième enfin, à celle des SUBSTANCES ORGANIQUES. Dans chacune de ces divisions nous admettrons deux subdivisions fondées sur une considération plutôt physiologique que chimique, sur une indication plus que sur une définition; l'une qui ne renfermera que les substances tirées du règne végétal, et l'autre que celles tirées du règne animal, distinction qui disparaîtra dans l'exposition de l'histoire chimique de chacune d'elles. Nous n'admettrons d'autres distinctions caractéristiques que les distinctions spécifiques; nos principes immédiats seront des espèces. Les genres ne seront que des mélanges, en proportions différentes, des espèces rangées sous leur rubrique. Enfin, en traitant de chaque espèce en particulier, nous ne nous contenterons pas d'en décrire les caractères extérieurs et l'analyse chimique; nous en étudierons la structure la plus intime, l'organisation jusque dans ses éléments les plus ténus; nous remonterons jusqu'aux premiers instants de leur formation, afin de les suivre pas à pas jusqu'au terme de leur élaboration et de leur vie; nous en tracerons l'histoire complète, c'est-à-dire l'histoire physiologique.

864. Tel est le cadre de la nouvelle classification, dont nous devons faire précéder l'application, par l'énumération

des caractères généraux, qui distinguent les substances, dont se compose le règne organisé, et ensuite par le tableau synoptique de la classification, sous forme de table analytique des matières.

§ VI. EXPOSÉ SUCCINCT DES PRINCIPAUX CARACTÈRES CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DES MATIÈRES ORGANIQUES.

866. Les matières organiques se décomposent au feu en trois ou quatre éléments gazeux, selon les chimistes, et en trois seulement d'après nous (*oxigène*, *hydrogène*, *carbone*), l'azote appartenant à l'ammoniaque qui fait partie des sels, dont le plus grand nombre se retrouve dans les cendres. Après leur désorganisation naturelle ou artificielle, et placées dans une atmosphère humide, les matières organiques se décomposent spontanément en différents produits fixes, liquides ou gazeux, dont le nombre et la nature varient à l'infini, selon une foule de circonstances que, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'évaluer. Abandonnés aux lois de l'organisation, leurs éléments se combinent, se transforment en produits, dont l'analyse peut se rendre compte et qu'elle sait retrouver au besoin. Cette organisation n'a pas lieu dans le vide ou dans l'azote; elle dépérit dans certains gaz délétères; elle ne prospère que dans l'air atmosphérique.

867. Le froid arrête le développement des êtres organisés, mais il conserve indéfiniment, sans altération, les substances organiques, ainsi que le démontrent et les mammouths que l'on exhume des glaces du Nord, et les cadavres d'Espagnols qu'on a trouvés gisants, sans déformation, sur le sommet glacé des Cordilières, depuis l'époque de la première conquête du Pérou. Mais on observe que, lorsque le dégel survient, les corps organisés se putréfient plus vite que ceux qui n'ont pas été soumis à l'influence d'une basse température. En conséquence, nul organe ne végète plus à zéro; quelques uns

même se désorganisent à cette température ; et si certains animaux continuent à vivre, et si certains végétaux s'y conservent, c'est qu'ils sont enveloppés de téguments naturels ou artificiels qui, mauvais conducteurs de la chaleur, les protégent contre l'action du refroidissement. On a cité une seule plante qui germerait et se développerait sur la neige : c'est l'*uredo nivalis*, simple globule microscopique analogue à un grain de pollen de petite dimension ; mais ce fait n'est établi sur aucune observation positive ; il est probable que ces globules sont des globules polliniques, saupoudrés par les vents sur la surface de la neige. Les plantes alpines dorment sous la neige qui les abrite pendant l'hiver, et elles se réveillent au printemps.

867. Peu de plantes et peu d'animaux pourraient résister long-temps à une température de 35° qui, dit-on, est celle de l'Afrique centrale. Cependant on sait que, grâce à l'atmosphère humide, dont la transpiration entoure le corps, quelques observateurs ont pu entrer impunément, et séjourner quelques minutes, dans des fours qu'on venait d'échauffer, et dans le cratère des volcans.

868. La dessiccation d'un organe le frappe de mort. Cependant le *rotifère* et le *vibrion* du froment ressuscitent, dès qu'on les humecte d'eau, après avoir été soumis à une complète dessiccation au soleil d'été. Mais pour cela, il faut que cette dessiccation ait lieu d'une manière graduée et s[illegible]querie, et en même temps sans qu'à la faveur d'une [illegible]tion, il puisse s'établir un commencement de décomposition, ou un déchirement quelconque, par suite de l'agglutination des extrémités du corps de l'animal desséché. C'est pourquoi l'on a observé que l'expérience réussit mieux, lorsque le *rotifère* se trouve placé parmi la poussière siliceuse des gouttières, dont les molécules cèdent leur humidité, sans retrait et sans déplacement.

869. Il existe donc une température, en deçà et au-delà de laquelle le carbone, l'oxigène et l'hydrogène ne peuvent plus

être combinés en molécules organiques par la vésicule organisée (83); mais, entre ces deux limites, chaque espèce vivante des deux règnes semble affecter un degré différent, et le développement est alors en raison directe de l'élévation de la température, sous le rapport et des dimensions et de la marche de l'accroissement. De là les différences frappantes que l'on remarque entre les plantes et les animaux des climats divers.

870. Outre le froid et la chaleur, l'organisation trouve encore des obstacles dans la réaction d'un certain nombre de substances inorganiques ou organiques, mais étrangères à ses vésicules. Parmi ces substances, les unes paralysent l'élaboration, en arrêtant ou en s'emparant à leur profit des gaz aspirés par la vésicule; elles agissent comme des narcotiques ou des asphyxiants. Les autres désorganisent les parois de la vésicule, en s'emparant des éléments de ses parois; elles agissent comme des poisons.

871. Les animaux absorbent, par la respiration, l'oxigène de l'air qu'ils rendent, par l'expiration, combiné avec le carbone du sang, à l'état de gaz acide carbonique. Les plantes, exposées à l'action solaire, absorbent de l'oxigène et de l'acide carbonique de l'air, qu'elles décomposent, en s'emparant du carbone et exhalant l'oxigène. A l'ombre et pendant la nuit, elles absorbent l'oxigène, qu'elles exhalent combiné avec le carbone. En conséquence elles vicient l'air pour les animaux pendant la nuit, et elles l'améliorent pendant le jour. Une plante qui végète privée des rayons solaires *s'étiole*, c'est-à-dire ne produit point de matière verte, et prend, par tous ses organes, une direction anormale. L'apparition de la matière verte coïncide avec l'aspiration de l'oxigène. La germination réclame l'obscurité, comme la végétation réclame le bienfait de la lumière; et cela est vrai des graines végétales, comme des œufs des animaux.

872. Il est une certaine classe de végétaux, qui ne peuvent se développer que dans la plus profonde obscurité, et qui ne

semblent destinés qu'à la végétation étiolée des racines souterraines; ce sont les champignons. Il est une certaine classe d'animaux qui ne naissent et ne vivent que dans l'ombre; ce sont quelques animaux inférieurs.

873. Quant aux métamorphoses d'une forme végétale en une forme animale, ou d'une forme végétale en une autre qui n'aurait pas le moindre rapport d'affinité avec elle, les expériences, sur lesquelles on a cru devoir baser cette hypothèse, n'ont jamais offert le caractère d'exactitude que la science exige; ce ne sont le plus souvent que des rêves d'un auteur préoccupé. Non pas que je nie la possibilité des générations spontanées, et des transformations des corps; mais je suis persuadé que les générations spontanées n'ont lieu que sur les plus bas degrés de l'échelle, et dans des dimensions qui, jusqu'à ce jour, se sont refusées à l'observation; qu'ensuite, par une série infinie de modifications ascendantes, la molécule organisée est susceptible de revêtir successivement et à chaque génération des formes supérieures; mais que ces modifications seraient à peine sensibles au bout d'un certain nombre de siècles, s'il était donné à l'observateur d'assister, sans interruption, au spectacle de ce développement (*).

874. Ce qui s'oppose à l'adoption de ces assertions, c'est, sans aucun doute, l'idée que nous nous sommes formée de la graine et de l'œuf; nous leur avons, pour ainsi dire, assigné des formes invariables, un siége invariable, parce que nous nous sommes hâtés de généraliser quelques cas particuliers, sans réfléchir qu'en généralisant quelques autres cas d'une autre espèce, nous serions arrivés à une conclusion contraire.

876. L'œuf et la graine sont des cellules détachées du tissu de la mère, par suite d'une impulsion de nom contraire. L'impulsion peut venir d'un corps étranger que nous nom-

(1) Voy. *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique*, tom. II, § 1783, 1836.

mons mâle, ou d'un corps interne dont nous négligeons alors de nous occuper. L'œuf et la graine peuvent, en revêtant certaines formes et certaines dimensions, fixer plus spécialement notre attention. Mais le lambeau du polype qui devient polype, le fragment de tubercule qui devient pomme de terre, nous apprennent assez que la faculté générative est dans tout le système de l'organisation, et que tout l'être organisé est dans chacune de ces cellules.

876. Les matières animales, de même que les matières végétales, ne sont susceptibles d'être distinguées qu'empiriquement, et après que l'œil en a contracté une certaine habitude. Cette différence dans l'aspect et la consistance, ainsi que dans la nature des produits, indique nécessairement une différence dans la composition intime; c'est un point que la science doit se proposer de découvrir; mais l'ancienne méthode n'a fait, j'ose l'avancer, qu'éloigner le terme de la découverte.

DEUXIÈME SECTION.

CLASSIFICATION DU NOUVEAU SYSTÈME DE CHIMIE ORGANIQUE.

PREMIÈRE CLASSE.

ÉLÉMENTS ORGANIQUES DES TISSUS (863).

877. Combinaisons de carbone, oxigène et hydrogène en proportions variables, mais qui, dès qu'elles peuvent être représentées par une portion de carbone (C) et une portion d'eau (OH^2), sont aptes, en se combinant avec une base terreuse ou volatile, à s'organiser en une vésicule, qui devient le germe et l'élément générateur des organes; en sorte que la formule (797) des parois d'un tissu est, dès ce moment, $(C + OH^2) + \rho$, en proportions croissantes ou décroissantes à l'infini. L'élément organique des tissus est décomposable par le feu, qui en élimine l'oxigène et l'hydrogène, et isole le carbone en vase clos, ou le gazéifie à l'air, en le combinant avec l'oxigène en acide carbonique ou oxide de carbone; à la suite de cette combustion, il ne reste de la substance organisée ou organique que la base terreuse, que sa cendre. Les substances inorganiques avides d'eau, l'acide sulfurique concentré, l'acide hydrochlorique, la potasse caustique, et les autres alcalis terreux, réduisent les éléments organiques en carbone, en les dépouillant de la quantité d'oxigène et d'hydrogène nécessaire pour former de l'eau. En outre, l'action de la potasse détermine la formation de divers acides qu'elle sature. L'acide sulfurique

IFICATION.

NOMS des GENRES.	INDICATION des PARAGRAPH.
Amidon	881 (*)
Inuline.	1058
Fécule verte.	1098
Ligneux.	1102
Gluten.	[illegible]226
Hordéine.	1296
Pollen.	1400
Lupuline.	1438
Tissu adipeux.	1467
Albumine.	1496
Membranes animales.	1548
Tissus musculaire.	1560
— cellulaire.	1590
— nerveux.	1598
— osseux.	1770
— cornés	18[illegible]
— caduques.	18[illegible]
— respiratoires.	1922
— embryonnaires	1968
— vasculaires.	2075
— glandulaires.	2077
— parasites.	2081
— spontanés.	3062
Gomme	3099
Sucre.	3148
Sève.	3281
Lait	3349
Sang.	3425
Lymphe.	3535
Digestion.	3537
Sperme.	3671
Synovie.	3694
Mucus	3696
Extractif animal	3697
Graisses.	3719
Essences	3896
Résines	3919
Gommes résines	3963
Acides non azotés.	3976
— azotés	4042
Couleurs.	4067
Odeurs.	4105
Sécrétions.	4108
Alcool.	4144
Ether	4150
Putréfaction.	4193
Co[illegible]tion.	4209
Sil[illegible]ristallisée.	4233
Ph[illegible]ate de chaux.	4245
Oxalate de chaux.	4254
Calculs urinaires.	4270
Fossiles	4273
Chaux.	4274
Fer	4279
Ammoniaque.	4284
Silice.	4287
Chaux carbonatée.	4299
Carbonate de potasse.	4300
— de soude.	4301
Hydrochlorate de soude.	4302
— de potasse.	4303
Acétate de plomb.	4305
Tartrate de potasse	4306
Hydrochlorate d'ammon.	4310
Alcaloïdes végétaux.	4314
Alcaloïdes des animaux.	4381
Asparagine.	4386
Oxamide.	4389
Salicine	4393
	4399

commence par désorganiser ces substances, en se combinant avec la base terreuse qui leur était associée; et si, immédiatement après cette première action, on a soin de l'étendre d'eau et de le saturer par la chaux, la baryte ou le plomb, on obtient l'élément organique à l'état d'intégrité, et avec les caractères qu'il apportait à la combinaison vésiculaire (832) ou cristalline.

878. Nous diviserons les éléments organiques en quatre groupes principaux : le premier comprenant les SUBSTANCES ORGANISÉES, c'est-à-dire celles qui résultent de la combinaison d'une portion de carbone et d'eau et d'une portion d'une base terreuse, et qui affectent dès lors la forme vésiculaire, et sont aptes à se reproduire indéfiniment, c'est-à-dire à vivre.

Le second renfermera les SUBSTANCES ORGANISATRICES, c'est-à-dire celles chez lesquelles l'élément organique n'est pas encore combiné en vésicule avec la base terreuse, mais est apte à se combiner ainsi, vu que le carbone s'y trouve associé à l'eau sans excès d'oxigène ou d'hydrogène.

Le troisième comprendra les SUBSTANCES ORGANISANTES, c'est-à-dire les substances, chez lesquelles l'hydrogène est en excès, mais qui, en absorbant l'oxigène de l'air, se rapprochent de plus en plus de la nature des substances organisatrices, et passent spontanément à l'état de tissus.

Dans le quatrième, enfin, nous comprendrons les SUBSTANCES ORGANIQUES, ou produits de l'organisation, ou rebuts de l'élaboration, ou approvisionnements de la nutrition; qui concourent au développement de la charpente organisée par leur présence ou leur protection; en recouvant les surfaces ou en neutralisant les poisons; en rendant à la vie, qui recommence sur d'autres espaces, les éléments engourdis de la vie qui s'éteint; enfin en décomposant les tissus vieillis, au profit de la nutrition des tissus jeunes et pleins de vie.

PREMIER GROUPE.

SUBSTANCES ORGANISÉES.

879. Organes qui s'isolent, en simulant souvent une poudre amorphe, une précipitation inorganique. Les unes proviennent du règne végétal, les autres du règne animal; l'élément organique (877), chez les premières, est combiné en général à une base terreuse; chez les autres, au contraire, il est combiné en général à l'ammoniaque ou à un sel ammoniacal. Mais comme la distinction en substances végétales et substances animales n'est rien moins que tranchée, nous ne l'adopterons que sous forme d'indication botanique et zoologique, et seulement pour rappeler l'origine du produit.

PREMIÈRE DIVISION.

SUBSTANCES ORGANISÉES VÉGÉTALES.

880. Substances organisées, qui concourent à former la charpente des organes de la végétation, et que la chimie a pu prendre pour des substances immédiates ou amorphes. Nous en distinguerons treize genres ou *pseudogenres* principaux, auxquels on peut rapporter tous les tissus connus du règne végétal. Ce seront : la *fécule amylacée*, l'*inuline*, la *fécule verte*, le *ligneux*, la *méduline*, la *subérine*, l'*albumine*, le *gluten*, la *légumine*, l'*hordéine*, le *pollen*, la *lupuline*, parmi lesquels nous en admettrons deux seulement, dont tous les autres peuvent être considérés comme des mélanges *pseudonymes* : c'est le *ligneux* et le *gluten*, c'est-à-dire l'organisation ayant pour base une substance terreuse, et l'organisation ayant pour base l'ammoniaque.

Ier GENRE.

AMIDON (*fécule amylacée*) (*).

881. L'amidon, obtenu à l'état de pureté est une poudre blanche, cristalline, sans saveur et inodore, craquant sous les doigts, insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther, se dissolvant en apparence dans l'eau chaude, formant un *magma* épais avec elle, selon les proportions qu'on emploie, et sous cette forme, se coagulant par l'alcool; [illegible]eant en sucre, par l'ébullition dans certains acides éte[illegible]ar sa fermentation avec le gluten; et en acide mal[illegible] oxalique dans l'acide nitrique bouillant, sans donner aucune trace d'acide mucique; enfin jouissant de la propriété de se colorer en bleu plus ou moins violet, par le contact de l'IODE.

882. Sa pesanteur spécifique est de 1,53. Sa composition élémentaire est, en poids, de :

D'après	Carbone,	oxigène,	hydrogène,	azote.
Gay-Lussac.	43,55.	49,68.	6,77.	
Berzélius (**).	44,26.	49,07.	6,67.	
Saussure (242).	45,39.	48,31.	5,90.	0,40
Prout (243).	42,80.	50,90.	6,30.	
		Eau.		
Moyenne,	43,99.	49,49.	6,41.	
ou				
en nombres ronds,	44.	50.	6.	
		Eau.		

(*) Ces deux mots, qui désignent chimiquement une substance identique, prennent une acception différente, selon l'usage auquel on destine la substance même. En thérapeutique et en économie domestique, c'est de la *fécule*; dans les arts, c'est de l'*amidon*. Ainsi la fécule de froment, qui sert de poudre à poudrer et de colle pour le papier, le linge, etc., se nomme spécialement *amidon*. La fécule de pomme de terre, qui sert spécialement à l'alimentation, garde le nom de *fécule*.

(**) *Traité de chimie* (trad.), tom. V, pag. 267, 1832; car la première

883. Nombres qui, par suite du jeu de chiffres, dont nous croyons avoir évalué suffisamment la portée (802), donneraient la formule atomistique $C^{12} H^{10} O^5$.

884. Il n'est pas inutile de faire observer que Gay-Lussac, Saussure et Prout ont employé, dans leurs analyses, l'amidon de froment, et Berzélius celui de pomme de terre. Mais, ainsi que nous l'avons fait déjà observer (803), Prout a trouvé, ce que la théorie nouvelle indiquait d'avance, que la quantité d'eau diminuait, et la quantité de carbone augmentait, à mesure qu'on prolongeait le séjour de la fécule à l'étuve, et ensuite que la fécule la mieux lavée donnait 9 à 10 de cendres, sur 1000 de substance, ou $\frac{1}{100}$. L'arrow root lui a fourni, à l'analyse élémentaire, 36,4 de carbone, 63,6 d'eau; après 20 heures d'exposition à une température de 100°, cette substance a perdu 15 sur 100, et a donné 42,8 de carbone, et 57,2 d'eau; soumise ensuite à une température de 100° pendant six heures, elle a perdu 3,2 pour cent, et a donné 44,4 de carbone et 55,6 d'eau; après six heures d'exposition à une température de 150 à 180°, elle a perdu 1,38 sur 100, et a contracté une couleur un peu rougeâtre.

Avec de pareils résultats, que signifient ces nombres invariables des analyses élémentaires, puisqu'ils dépendent, d'une manière aussi large, des circonstances naturelles ou artificielles, dans lesquelles la substance a pu séjourner?

La structure chimique de la fécule résulte, d'une association intime de carbone, d'eau et d'un sel; mais de telle sorte que la quantité d'eau augmente par la végétation et le développement, et qu'elle décroît par la vieillesse et la dessiccation, en une progression descendante, jusqu'à la carbonisation du tissu.

analyse de Berzélius, telle que tous les ouvrages élémentaires la rapportent, d'après les *Annales de chimie*, diffère sensiblement de la dernière adoptée par l'auteur; la voici : hydr. 7,06, carb. 43,48, oxig. 49,45. *Annales de chimie*, t. LXXXV.)

§ I. CARACTÈRES PHYSIQUES DES PARTICULES DE CETTE SUBSTANCE EN GÉNÉRAL (*).

885. Examinée au microscope, cette poudre n'offre plus que des grains arrondis, isolés, de formes et de dimensions variables, non seulement dans les divers végétaux, mais encore dans le même végétal, comme l'on peut s'en faire une idée aussi exacte que possible, d'après les figures que j'en ai tracées sur la pl. 6. Ainsi la fécule de *pomme de terre* (fig. 1) offre des grains qui varient de dimensions, entre $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{8}$ de millimètre, et qui affectent les formes les plus variées; tandis que les plus gros grains de la fécule du *petit millet* dépassent à peine $\frac{1}{50}$ de millim., et n'affectent qu'une seule forme, autant que la faiblesse de nos grossissements nous permet de nous en assurer.

886. Ces grains grossissent avec l'âge du végétal et de l'organe même qui les recèle. Dans le péricarpe de l'ovaire des *graminacées*, avant la fécondation, les grains ne dépassent pas $\frac{1}{100}$ de millimètre, tandis qu'après la fécondation ils croissent dans le périsperme, jusqu'à atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre (fig. 12, pl. 6) (**).

887. Dans certains autres organes, ils changent de forme en grossissant; ainsi dans les tubercules d'*iris de Florence* ou *de Germanie*, on les trouve, au mois de juin, avec la forme et

(*) *Annales des sciences naturelles*, octobre et novembre 1825.

(**) Avant la fécondation, le péricarpe des céréales est épais et rempli de fécule; après la fécondation, on le voit de jour en jour s'amincir et se dépouiller de sa fécule, au profit du périsperme non féculent, qui grossit dans son sein, et finit par être le seul organe féculent de la graine. La germination produit, sur le périsperme, le même effet que la fécondation sur le péricarpe: le périsperme s'épuise alors au profit de l'embryon qu'il recélait dans son sein et qui s'échappe au dehors. Dans l'un et dans l'autre cas, c'est en se transformant en sucre, que la fécule profite aux organes qui l'absorbent. (Voyez mon travail sur ce sujet, *Annales des sciences naturelles*, oct. 1825, p. 32.)

les dimensions de la fig. 13. Si l'on abandonne ces tubercules à l'ombre, à l'air libre et dans un endroit peu éclairé, on retrouve, les grains de fécule au bout de quinze jours, avec les formes bizarres et la taille de la fig. 14, qu'ils n'atteignent presque qu'en automne, quand on fait végéter ces racines dans la terre.

888. Il est des végétaux, dont chaque organe féculifère affecte une forme et une grandeur différentes. Dans la graine du *Chara hispida*, la fécule s'offre avec les formes et les dimensions apparentes de la figure 3, et, dans les articulations au contraire de la même plante, avec les formes et les dimensions apparentes de la figure 4 (*). Je reviendrai sur toutes ces formes en particulier, après avoir étudié l'organisation du grain de fécule.

§ II. PHÉNOMÈNES DE RÉFRANGIBILITÉ QU'ON OBSERVE SUR LE GRAIN DE FÉCULE.

889. Les ombres qu'on remarque, sur les contours de chaque grain de fécule, varient d'après le grossissement et les modifications du microscope dont on fait usage.

890. Si l'on observe un grain de fécule de pomme de terre à sec, mais par réfraction, son pouvoir réfringent étant bien différent de celui de l'air ambiant, il s'ensuivra que parmi les rayons, par lesquels on cherche à éclairer cette sphère plus ou moins informe, ceux qui tomberont plus ou moins obliquement sur sa surface inférieure, seront fortement déviés à leur entrée et à leur sortie, et qu'il n'arrivera presque au foyer du microscope, que les rayons qui auront traversé le

(*) La graine des *Chara* ne doit pas être confondue, comme l'a fait un auteur (*Bull. de la Soc. philom.*, 1826), avec les bourgeons jeunes des rameaux. Ceux-ci se rencontrent à l'aisselle des rameaux anciens (*f.* fig. 3, pl. 8), et la graine (ibid. *b*) se trouve sur les rameaux eux-mêmes, à l'aisselle d'une double petite stipule, et au-dessus d'une petite sphère rouge (*c*), qu'on regarde comme l'organe mâle, qui est, d'après nous, à l'état fossile, la *gyrogonite* de Lamark. Les articulations se trouvent en *f.*

centre du globule. En conséquence, celui-ci apparaîtra aux yeux de l'observateur, comme une boule noire, qui serait percée au milieu d'un point blanc arrondi (fig. 21, pl. 6), ou bien comme une perle noire plus ou moins allongée, et percée d'une ouverture lumineuse et elliptique (*ibid.* fig. 22). Une bulle d'air observée dans l'eau (fig. 8, *f* pl. 9; et fig. 12, *a'* pl. 8) produit la même image que le grain de fécule observé dans l'air, et cela en vertu des mêmes lois de la réfraction (577).

891. Si l'on place, au contraire, le grain de fécule de pomme de terre (fig. 1, pl. 6) dans l'eau; comme son pouvoir réfringent diffère peu de celui du liquide ambiant, le grain s'offrira alors comme une belle perle de nacre, sur la surface de laquelle on distingue, à certains grossissements, des stries en ondulations concentriques, du plus joli effet (pl. 6, fig. 29); et si le microscope est aussi fortement éclairé que le sont ordinairement les microscopes simples, la transparence du grain féculent pourra être telle qu'on ne le distinguera plus autrement que par un contour linéaire (fig. 23, pl. 6). Dans cet état chaque grain paraît plus grand, illusion qu'on rectifie en le mesurant.

892. Il est pourtant encore possible de diminuer graduellement la transparence du grain de fécule observé sous l'eau; on n'a qu'à diminuer le diamètre du cône lumineux qu'on réfléchit, au moyen du miroir, sur la surface inférieure du grain de fécule; et l'on se sert à cet effet d'un diaphragme (468) percé de trous de différents diamètres. On arrivera à diminuer tellement la transparence de l'objet, que le grain de fécule, observé dans l'eau, offrira presque l'aspect du grain de fécule observé dans l'air; ce qui vient de ce qu'à la faveur de ce diaphragme, on diminuera le nombre des rayons qui seraient tombés perpendiculairement sur la surface inférieure du grain de fécule, et qu'on y fera tomber au contraire un plus grand nombre de rayons obliques, qui n'arriveront pas jusqu'au foyer du microscope.

893. Mais alors, si l'on approche le porte-objet de manière que le centre du grain de fécule ne soit plus au foyer du microscope, l'effet contraire aura lieu. Le centre du grain s'offrira comme un point noir enchâssé dans une auréole éclairée, ou bien comme un noyau emprisonné dans un sac transparent; et si l'on emploie, pour observer le grain de fécule, l'ouverture la plus grande du diaphragme, sans toucher en rien au porte-objet, au lieu d'un point noir on aura une tache bleue, mais lumineuse.

894. Lorsqu'on observe les grains de fécule de la plus grande dimension, à un grossissement un peu élevé, à celui de 500 diamètres par exemple, l'image des grains se déforme, par un effet de réfraction dont il faut tenir compte. Les grains de fécule de pomme de terre qui, au grossissement de 100 à 150 diamètres, se présentent avec l'aspect de la fig. 1, pl. 6, prennent au contraire la forme aplatie et à ondulations de la fig. 28; cela vient de ce que la distance focale des hauts grossissements du microscope composé étant très courte, il arrive que le grain de fécule ne saurait se trouver en entier au foyer du microscope; le microscope ne le grossit dès lors que par deux de ses dimensions, la largeur et la longueur, et l'aplatit par l'autre, et cela d'autant plus que les diverses zones s'élèvent davantage au-dessus du foyer; ce qui produit en apparence une surface creuse; cet effet n'a jamais lieu à une simple lentille d'un grossissement linéaire de 150 (475).

895. Si l'on verse une goutte de solution aqueuse d'iode sur les grains de fécule qu'on observe au microscope, on voit ces belles perles de nacre se colorer successivement en purpurin, en violet, en bleu clair, et enfin en bleu foncé, si l'iode est en excès, comme lorsqu'on emploie une solution alcoolique; les grains apparaissent alors sous forme de beaux grains de verroterie colorés (pl. 6, fig. 2 *a*); mais ils ne changent, en se colorant, ni de forme ni de dimensions. Si l'on verse ensuite de l'ammoniaque liquide, ou de la potasse caustique très étendue d'eau, ou de la chaux tout-à-fait

éteinte, un oxide quelconque enfin, la couleur bleue abandonnera les grains de fécule, qui reprendront leur première transparence nacrée, sans avoir rien perdu ni de leur forme ni de leurs dimensions primitives; dans ce cas l'iode se porte sur les bases ou les oxides, pour former avec elle des hydriodates. On pourra les colorer de nouveau par un excès d'iode, et les décolorer par l'alcali étendu, et ainsi de suite indéfiniment, sans que ces grains soient en rien altérés par cette alternative de réactions, qui rentrent évidemment dans la classe des phénomènes de coloration des tissus par les procédés de teintures; car il se passe, à l'égard des grains de fécule colorés par l'iode, absolument la même chose qu'à l'égard des tissus de soie ou de laine imprégnés de *fer*, qu'on colore en bleu, en les plongeant dans un bain de *prussiate de potasse* aiguisé d'un acide, et que l'on décolore, en les replongeant dans un bain de *potasse*. On observe seulement à la longue qu'à la suite d'une plus ou moins longue alternative de réactions, les grains de fécule semblent perdre un peu de leur transparence primitive, vu que la grande quantité de sels, que l'eau tient en dissolution, a modifié le pouvoir réfringent du liquide qui enveloppe les grains de fécule. Dans l'expérience en grand, la belle couleur bleue, communiquée à la fécule par l'iode, disparaît à mesure que les parties aqueuses s'évaporent, et elle est remplacée alors par une couleur marron terne; mais cette couleur bleue reparaît par l'addition de l'eau ou d'un acide hydraté. Dans un flacon bouché, la couleur marron se conserve indéfiniment. Si l'on met l'iode solide en contact avec la fécule sèche, celle-ci ne se colorera qu'en jaune d'abord, couleur qui peu à peu passera au rouge de brique, et enfin au rouge marron; une goutte d'eau ramènera au bleu cette coloration indécise. Le Brome colore l'amidon humide en rouge cramoisi.

§ III. ORGANISATION DES GRAINS DE FÉCULE.

896. Les formes arrondies, l'isolement réciproque, l'accroissement successif des grains de fécule dans les organes des végétaux, leur coloration par l'*iode* et leur décoloration par les alcalis étendus, tout enfin devait me faire naître la pensée que ces granulations, qu'avant cette découverte on prenait pour des cristaux, pouvaient bien n'être autre chose que DES ORGANES; les expériences suivantes démontrent évidemment l'exactitude de cette proposition.

897. Les grains de fécule, au sortir des cellules qui les recèlent, sont mous et fortement ombrés sur les bords, quand ces organes sont encore frais et vivants. Si on parvient à atteindre sur le porte-objet un de ces grains, avec la pointe d'une aiguille, il s'affaisse sous la pression, se vide dans le liquide, et bientôt il ne reste plus de lui-même qu'un sac plissé, ouvert sur un des côtés; j'en ai dessiné un dans cet état sur la pl. 6, fig. 3 *a*; il appartient à la graine des *Chara* (888). Mais après leur dessiccation ou une ébullition plus ou moins prolongée dans l'alcool concentré, ces grains deviennent durs et plus transparents, et ils glissent alors facilement sous la pointe de l'aiguille; pour les ouvrir il faut avoir recours à un autre procédé.

998. Qu'on pétrisse de la fécule de pomme de terre dans la gomme arabique, et qu'on en compose un cylindre qu'on laissera sécher à l'air; que l'on ratisse ensuite un des bouts du cylindre avec un instrument tranchant, en laissant tomber les raclures dans un verre de montre rempli d'eau distillée; que d'un autre côté on laisse dissoudre l'autre bout dans l'eau d'un second verre de montre; si l'on examine, quelques heures après, les deux verres de montre au microscope, on ne trouvera presque que des vésicules déchirées et plissées (pl. 6, fig. 5 *aaaa*) dans le premier verre, et dans le second tous les grains se montreront tout aussi bien conservés qu'auparavant (fig. 1).

899. Si la fécule a été broyée et écrasée par quelque procédé que ce soit, tel que l'a été la fécule des diverses farines, les vésicules déchirées s'y montreront tout aussi abondamment que dans l'expérience précédente.

900. Que l'on soumette, sur une lame de fer, une petite quantité de fécule à l'action des charbons incandescents; dès que les couches inférieures se montreront charbonnées, qu'on jette les couches supérieures dans l'eau du porte-objet, qu'on aura légèrement alcoolisée (*) ; tout-à-coup il s'établira des courants rapides dans différents sens; les grains de fécule passeront sous les yeux de l'observateur avec la rapidité de l'éclair; c'est à la faveur de cette petite tempête microscopique, qu'on pourra voir de longues traînées d'une substance soluble sortir de l'intérieur de chaque grain crevassé, ou de chaque calotte des grains éclatés; et bientôt il ne restera plus, sur le porte-objet, que des vésicules plissées, mais dont le diamètre ne sera pas beaucoup plus grand que celui des grains de la même fécule.

901. Si l'on jette une certaine quantité de grains de fécule dans une grande quantité d'eau en ébullition, et qu'on examine ensuite le liquide au microscope, après son refroidissement, crainte que la vapeur d'eau n'obscurcisse le porte-objet, on verra flotter, dans le liquide, des vésicules infiniment légères et transparentes (fig. 2 a'), plus grandes vingt fois peut-être que les plus gros grains de la même fécule; et plus on prolongera l'ébullition, plus ces vésicules s'étendront et deviendront transparentes.

902. Si ensuite on abandonne à elle-même, après quelques instants d'ébullition, cette même fécule, en ayant la précaution de jeter dans le liquide un peu de camphre en poudre ou

(*) On alcoolise cette eau, afin de la mettre en mouvement par l'évaporation alcoolique, et de diminuer la capacité de saturation de l'eau. Les grains de fécule roulent alors sous l'œil de l'observateur, emportant après eux des traînées de substance, que l'eau dissoudrait trop vite, sans la présence de l'alcool qui se coagule.

quelques gouttes d'alcool, il arrivera qu'au bout d'un à deux jours toutes les vésicules (fig. 2 *a'*) se précipiteront au fond du vase, sous forme de flacons ou *detritus* blancs comme la neige, et le liquide qui les surmonte reprendra la limpidité de l'eau. Le camphre et l'alcool sont destinés dans cette opération à prévenir la fermentation, dont nous nous occuperons ci-après, et qui se manifeste plus ou moins promptement dans les grandes chaleurs de l'été.

903. On assiste aux phénomènes les plus intimes de l'ébullition de la fécule, à l'aide de l'appareil déjà décrit (488): qu'on place sur le porte-objet un verre de montre rempli d'eau distillée, dans laquelle on aura eu soin de déposer à la fois et des fibrilles de coton et des grains de fécule; qu'au lieu d'un miroir réflecteur, on emploie une lampe, dont la flamme serve en même temps à échauffer et à éclairer l'objet, il ne restera plus, pour être témoin de l'effet de la chaleur sur le grain de fécule, que d'empêcher la vapeur d'eau de couvrir l'objectif. Pour cela on enveloppera le tube de l'objectif avec l'extrémité imperforée d'une éprouvette à minces parois, que l'on tiendra plongée dans l'eau du verre de montre (488); de cette manière la vapeur d'eau ne pourra ni revêtir la surface du verre grossissant, ni se glisser, à travers les jointures, dans l'intérieur du tube du microscope. Les fibrilles de coton sont destinées à retenir emprisonnés quelques grains de fécule, qui, sans cette circonstance, seraient soustraits à l'observation par les courants de l'ébullition. Or, dès les premières impressions de la chaleur, on verra le grain de fécule retenu par les fibrilles de coton se dilater, devenir de plus en plus transparent, s'aplatir, s'affaisser, et finir par se vider, jusqu'à ne plus offrir que l'image d'un sac presque sans consistance.

904. Il est évident que toute réaction chimique capable de dégager une quantité suffisante de chaleur produira, sur le grain de fécule, les mêmes effets que l'ébullition de l'eau.

905. En conséquence, si l'on verse de l'acide sulfurique

concentré sur une goutte d'eau, dans laquelle on aura déposé quelques grains de fécule, tout-à-coup et à la faveur du grand dégagement de calorique occasionné par le mélange, les grains de fécule s'étendront et se videront sous les yeux de l'observateur. Si, au contraire, on mêle préalablement l'eau à l'acide sulfurique, et qu'après le refroidissement du mélange, on y jette les grains de fécule, ils resteront aussi intègres que dans l'eau pure; et, par un séjour prolongé, on les y trouvera plutôt corrodés qu'élargis et vidés. Il en sera de même avec la potasse caustique, la chaux vive, etc.

906. Si l'on jette quelques grains de fécule sur une goutte d'acide sulfurique concentré placée au foyer du microscope, par un temps sec, les grains ne se mouillant pas, et restant à la surface de l'acide, paraîtront aussi noirs et aussi petits qu'observés à sec sur une lame de verre (773), et ils n'éclateront pas; mais dès qu'on aura versé sur l'acide une goutte d'eau, ces grains éclateront et s'étendront dans le mélange; ils deviendront même si transparents, qu'il faudra diminuer l'intensité de la lumière, afin de bien apercevoir les contours de leurs téguments. Mais il ne faut pas perdre de vue que, pour que le phénomène se manifeste sous les yeux de l'observateur, il est nécessaire que le grain de fécule qu'on observe, assiste au dégagement de calorique produit par le mélange, ce qui très souvent n'a pas lieu, à cause de la consistance sirupeuse de la goutte d'acide sulfurique.

907. Si l'on jette quelques grains de fécule sur une goutte d'acide nitrique ou hydrochlorique concentré et fumant, placée au foyer du microscope, les grains de fécule éclateront aussitôt; mais si l'on s'oppose au dégagement de calorique, que produit l'avidité de ces acides pour l'eau, en faisant l'expérience sans le contact de l'air atmosphérique, qui est toujours plus ou moins saturé d'humidité, si l'on jette, par exemple, les grains de fécule dans un petit tube rempli de l'un de ces acides et qu'on bouchera aussitôt hermétiquement, il sera facile de voir à travers les parois, à la faveur

d'une forte loupe, que le plus grand nombre des grains de fécule, c'est-à-dire ceux qui n'auront pas assisté au dégagement de calorique produit à l'ouverture du flacon, restent intègres pendant assez long-temps dans le liquide.

908. Il résulte de toutes ces expériences que chaque grain de fécule est un organe dont l'enveloppe externe, que je désignerai désormais sous le nom de *tégument de la fécule*, insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther et les acides, est d'autant plus susceptible de s'étendre dans l'eau que celle-ci est élevée à un plus haut degré de température; il nous reste à examiner la nature de la substance que ce *tégument* renferme.

§ IV. Composition chimique des grains de fécule.

909. Nous avons vu qu'après l'ébullition dans une assez grande quantité d'eau, les *téguments* ne tardent pas à se précipiter, sous forme de flocons blancs comme la neige, et que ce précipité est surmonté d'un liquide aussi limpide que l'eau pure. On décante avec beaucoup de précaution ce liquide, et l'on trouve qu'il se coagule par l'alcool et les acides concentrés, par l'infusion de noix de galle, etc., mais non par la chaleur; qu'il se colore en bleu par l'iode, comme les *téguments*; qu'il ne perd pas ses caractères par la dessiccation à un feu modéré; il acquiert seulement alors les caractères extérieurs d'une gomme, il a une surface luisante, une cassure vitreuse, et se fendille comme la gomme.

910. Quant aux téguments, on s'assure que la plupart ont été déchirés sur un de leurs bords, en les colorant par l'iode, qui en même temps les rend plus rigides et les contracte; par la moindre agitation, on les voit remonter dans le liquide, et y rester plus ou moins long-temps en suspension.

911. Les plis d'une membrane paraissent d'autant plus noirs au microscope que le grossissement est plus élevé; et comme chaque pli est bordé d'une bande lumineuse, il pour-

rait arriver à un observateur inexpérimenté d'en prendre l'image pour celle d'une fente. Une illusion semblable avait encombré la science de toute une nomenclature de vaisseaux fendus et poreux; elle ne pouvait pas manquer de se reproduire à l'égard de l'étude chimique de la fécule. Aussi a-t-on promené un jour, autour des fauteuils académiques, un immense tableau de téguments fendus de mille manières différentes, observés par un lecteur et dessinés sous sa direction par un membre de l'illustre assemblée (*). L'existence de ces fentes servait admirablement, d'après l'auteur, à expliquer le passage de la substance soluble à travers l'enveloppe. Ce n'était pas fort ingénieux, mais c'était facile à comprendre, comme tout ce qui est grossier et accessible à la vue. Mais en réfléchissant sur les effets de la réfraction, on aurait dû conclure que ces traits noirs n'étaient pas des solutions de continuité, vu que, sous l'eau, des solutions de continuité sont transparentes.

912. On fait perdre à la substance soluble la faculté de se colorer par l'iode, en la desséchant entièrement par couches très minces sur une plaque de porcelaine, et alors rien ne la distingue plus réellement de la gomme.

913. Les téguments au contraire conservent encore cette faculté, après une semblable dessiccation, sans rien perdre de leur insolubilité. Seulement, si on les détache mécaniquement de la surface du vase, la couche qu'ils y forment se brise en myriades de petites parcelles, qui réfléchissent la lumière comme des parcelles de *mica*, par la surface qui s'est moulée sur la paroi lisse du vase, et elles jouent la cristallisation à l'œil nu.

914. Pour s'assurer que, dans l'expérience ci-dessus (906), l'action de l'acide sulfurique n'a point altéré les propriétés respectives des téguments et de la substance soluble, il faudra étendre d'eau l'acide, le saturer par la craie, et filtrer à

(*) Voy. le *Bulletin scientifique et industriel du Réformateur*, n. 208, col. 3, 1835.

plusieurs reprises; les *téguments* resteront sur le filtre, emprisonnés entre les aiguilles du sulfate de chaux, et la substance soluble passera limpide. On pourra encore isoler les *téguments* du sulfate par la lévigation (121), lorsque le mélange n'en sera pas encore trop tassé; car les aiguilles du sulfate de chaux se précipiteront toujours les premières. On aura ainsi les deux substances en état d'être comparées avec celles qu'on aura obtenues par l'ébullition dans l'eau pure, et on pourra s'assurer qu'elles sont identiques. Malgré tout ce qu'on a publié sur l'analyse élémentaire de ces deux substances, cependant j'ose avancer, et cela, en me basant sur les raisons que j'ai exposées plus haut (884), que, sous ce rapport, ces deux substances ne diffèrent pas sensiblement l'une de l'autre.

§ V. Action du temps sur la fécule intègre, et dont les téguments n'ont pas éclaté.

915. (Il n'est pas hors de propos de faire observer que le temps n'est pas un réactif, mais simplement une mesure (*). Car dès qu'on met en contact un organe avec un agent quelconque dans les circonstances favorables à la réaction, l'action chimique a lieu; mais alors elle est souvent inappréciable, parce que les organes, substances insolubles, ne peuvent être attaqués que par couches emboîtées les unes dans les autres. Or, à mesure que ces couches sont successivement attaquées du dehors au dedans, la somme des résultats inappréciables par eux-mêmes finit par devenir appréciable à nos moyens d'observation; et nous disons alors, quoique improprement : *Le temps a produit ce phénomène.* En fait d'observations et d'expériences, le mot de TEMPS équivaut donc à cette périphrase : *L'époque à laquelle des résultats successifs*

(*) *Recherches chimiques et physiolog. sur les tissus organiques*, § 1, t. III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, 1827.

et égaux entre eux ; mais infiniment petits, deviennent assez nombreux pour former une somme appréciable.)

916. La fécule paraît inaltérable au contact de l'air pur, pendant un laps de temps indéfini.

917. Ses grains m'ont paru tout aussi peu altérés après un an de séjour dans l'eau pure, que j'avais placée à l'abri de toute circonstance capable d'en élever la température assez haut, pour faire éclater les granules avec plus ou moins de lenteur. Dans le cas contraire, les granules se distendent et se vident dans un espace de temps plus ou moins court, selon le degré de chaleur qui se développe. C'est à 50° que l'action de la chaleur sur les grains de fécule commence à devenir bien manifeste, c'est à 73° qu'elle est rapide.

918. Si l'eau dans laquelle on a déposé la fécule renferme en outre une certaine quantité de substances fermentescibles, la chaleur résultant de la fermentation fera éclater subitement les grains, ou les obligera à s'étendre et à se vider insensiblement, selon qu'elle se dégagera avec plus ou moins d'intensité et d'une manière plus ou moins prompte; en sorte qu'au bout de quelque temps on n'observera plus dans le liquide que des téguments plus ou moins altérés et pas un seul grain de fécule intègre ; c'est ce qui arrive à la fécule de la farine des céréales, lorsqu'on laisse la farine exposée, dans l'eau, à l'action de l'air atmosphérique.

919. L'affinité de l'iode pour la fécule est moins forte que sa volatilité. Que l'on colore par l'iode très légèrement humide la fécule intègre, les grains de fécule reprendront tôt ou tard, selon les quantités employées de part et d'autre, leur première blancheur, après avoir passé du bleu au marron terne ; l'iode est alors évaporé entièrement. L'ébullition décolore la fécule, en augmentant l'énergie de la volatilisation de l'iode ; car la volatilisation commence par la séparation. L'iode quitte donc la fécule dès l'instant qu'il tend à se volatiliser. Mais avant de se volatiliser, il doit séjourner dans l'eau

ambiante. Ce qui fait qu'en refroidissant, on voit le mélange se colorer de nouveau en bleu, quoique moins intense.

920. Si l'on verse une faible solution d'iode sur la fécule déposée dans l'eau ORDINAIRE d'un flacon en verre, la fécule, un instant colorée en bleu pâle, se décolore rapidement. Si la quantité d'iode est en excès, la décoloration tarde plus long-temps à s'effectuer ; mais au bout de six mois environ, dans le cas où la couche de fécule déposée au fond de l'eau n'aurait qu'un centimètre d'épaisseur, la substance, d'abord colorée en bleu noir, aura repris son éclat et sa blancheur. Cependant, si l'on verse alors dans le liquide une faible quantité d'un acide quelconque préalablement étendu d'eau, la couleur bleue reparaît aussitôt, d'une manière il est vrai moins intense que la première fois.

921. L'explication de tous ces phénomènes n'est pas difficile à trouver.

L'eau ordinaire renferme certains sels capables de saturer l'iode en formant des hydriodates et iodates ; l'iode sera donc enlevé à la fécule avec d'autant plus de rapidité que la réaction de ces sels sera plus énergique, et que les proportions d'iode seront plus faibles. Enfin, il se forme aussi à la longue, dans cette eau, de l'ammoniaque, ainsi que dans toutes les eaux exposées au contact de l'air, surtout si elles renferment des détritus de corps organisés, ou une couche d'organes, ou enfin une couche de poussière inorganique. C'est pourquoi une assez grande quantité d'iode pourra encore exister en combinaison saline, au bout de six mois, dans le liquide recouvrant la couche de fécule décolorée. Si l'on verse alors un acide dans le mélange, l'iode remis en liberté se reportera sur la fécule, et la colorera de nouveau en un bleu trop intense, pour qu'on puisse être autorisé à penser, que sa saturation était due uniquement aux carbonates terreux, que cette faible quantité d'eau était capable de enir en dissolution.

§ VI. ACTION DU TEMPS SUR LA FÉCULE, DONT LES TÉGUMENTS ONT ÉCLATÉ PAR LA CHALEUR (*).

922. La substance soluble isolée de ses téguments, soit à l'aide du siphon ou de la pipette, soit par l'intermédiaire d'un filtre composé de plusieurs couches de papier sans colle, présente à la longue les caractères suivants : on ne voit développer dans son sein aucune bulle de fermentation; elle n'acquiert aucune odeur, elle ne donne aucun signe d'acidité ou d'alcalinité aux papiers réactifs, et cela même après six mois d'exposition à l'air libre. L'iode la colore en bleu les premiers jours, et y détermine des coagulum de la même couleur qui disparaissent avec la couleur bleue, dans l'espace de quelques heures ou d'un jour, selon les doses de substance employées. Une nouvelle quantité d'iode détermine les mêmes phénomènes; mais on s'aperçoit tôt ou tard que ce réactif, au lieu de colorer en bleu la solution, ne la colore plus qu'en purpurin, et qu'enfin, avec le temps, la substance soluble ne se colore plus du tout par l'iode, même à l'aide d'un acide; et pourtant cette substance n'a perdu aucune autre de ses propriétés essentielles : elle se coagule comme auparavant par l'alcool, les acides concentrés, la noix de galle, etc. ; concentrée par la chaleur, elle s'offre exactement avec tous les caractères des gommes ordinaires; elle prend, par la dessiccation, un œil jaunâtre, et se fendille exactement comme une couche desséchée de gomme arabique.

923. D'autres phénomènes s'offrent à l'observation, lorsqu'on expose la substance soluble au contact de l'air, dans un flacon en verre, sans la séparer de ses *téguments* qui se tassent au fond du vase; car, si la température est assez élevée (25° environ), on ne tarde pas à apercevoir des millions

(*) *Recherches chimiques et physiologiques sur les tissus organiques*, § 17, tome III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris* 1827.

de bulles monter successivement à la surface du liquide; et il est facile de s'assurer que chacune de ces bulles part exclusivement du sein de la masse des téguments. Bientôt l'odeur du liquide devient aigrelette; il rougit le tournesol, et enfin une odeur caséique se dégage et acquiert une telle intensité qu'on peut la saisir à une grande distance. Si on fait évaporer ce liquide à cette époque, on obtient une substance déliquescente, granulée, qui a tout l'aspect et toute l'odeur du fromage, qu'on a laissé exposé pendant long-temps à sa propre décomposition.

924. Ces effets sont plus rapides et plus prononcés si, au lieu de n'exposer la fécule qu'une seule fois à l'ébullition, on réitère l'ébullition à plusieurs reprises. J'avais fait bouillir huit heures par jour de la fécule, pendant un mois, dans un grand excès d'eau; je déposai, le 5 avril 1826, cette substance dans un flacon bouché à l'émeri, mais renfermant la moitié de sa capacité d'air atmosphérique. Les téguments se précipitèrent bien plus lentement qu'à l'ordinaire; la fermentation s'établit plus rapidement. Le 31 mai je débouchai le flacon; le bouchon fut repoussé avec une forte explosion; le papier tournesol suspendu au goulot du flacon, sans adhérer aux parois, rougit sensiblement; une allumette enflammée, introduite dans le goulot, produisit une détonation violente, accompagnée d'une flamme assez vive; l'allumette resta incandescente assez long-temps dans le flacon. Le papier tournesol, trempé dans le fond du liquide et non à la surface, rougissait sur ses bords; mais exposé à l'air, il était ramené au bleu. L'odeur du vase était aigrelette et analogue à celle du fromage qui commence à aigrir. Je rebouchai le flacon. Le 10 juin je le rouvris; le bouchon fut repoussé avec la même explosion que la première fois; la substance soluble ne se colorait plus par l'iode. Le 9 juillet, le flacon s'ouvrit avec une moindre explosion; le liquide à la surface même rougissait le tournesol; une odeur fétide de vieux fromage s'en dégageait, de manière à infecter le local, dans lequel je

faisais l'expérience. Évaporée convenablement, cette substance, au lieu de présenter les caractères ordinaires d'une gomme, offrait tout l'aspect d'une substance jaunâtre, molle, luisante, grenue, déliquescente, semblable à un grumeau de graisse rance, qu'on aurait obtenu par évaporation, ou plutôt à la croûte humide et grenue de certains fromages; elle laissait sur la langue une impression de chaleur semblable à celle qu'y produit la viande, qui a été rôtie jusqu'à un commencement de carbonisation. L'alcool et l'eau la redissolvaient également; mais, délayée dans l'eau, elle ramenait au bleu le papier rougi par les acides. En 1828, elle conservait encore son odeur infecte et toutes ses propriétés, quoique pendant tout ce temps elle fût restée exposée à l'air libre.

925. Il s'était donc formé de l'ammoniaque de toutes pièces dans une substance non azotée; c'est là la première conséquence que je tirerai dès à présent de cette série d'expériences, et le fait est assez important pour que j'y arrête immédiatement l'attention du lecteur. Nous aurons plus d'une occasion d'y revenir.

926. Lorsque la fécule est exposée au contact de l'air libre dans un flacon débouché, il arrive que la fermentation détermine la production, non de l'ammoniaque, mais de l'alcool, que l'on reconnaît à l'odorat. Au reste, l'influence des ténèbres, de la lumière et de l'électricité de l'air joue un très grand rôle dans l'une et dans l'autre expérience, et la présence de l'une ou l'autre de ces causes est capable d'imprimer à la marche des phénomènes une foule de modifications plus ou moins variées (*).

(*) *Nouv. syst. de physiolog. végét. et de botanique*, tom. II, § 1258.

§ VII. ACTION DU TEMPS, SOIT A L'AIDE DE L'EAU, SOIT A L'AIDE DES ACIDES ET DES ALCALIS, SUR LA CONTEXTURE DES TÉGUMENTS DE LA FÉCULE (*).

927. Quand ces phénomènes de fermentation n'ont pas lieu dans le liquide renfermant le produit de l'ébullition de la fécule, phénomènes qu'on peut paralyser avec une goutte d'alcool ou une parcelle de camphre, les téguments se conservent avec leurs premières formes, leur premier aspect, et leur première propriété de se colorer en bleu par l'iode. Ainsi j'ai conservé avec tous ses caractères, pendant deux ans, dans un flacon bouché à l'émeri et à demi rempli d'air, de la fécule bouillie dans un grand excès d'eau distillée.

928. Mais lorsque la fermentation s'établit dans le liquide, on voit les téguments se déformer chaque jour; et en se déformant, leur tissu devient granulé et se couvre de globules très petits; peu à peu leur coloration au moyen de l'iode passe par toutes les nuances imaginables du bleu au purpurin, couleur que les acides refusent de ramener au bleu; enfin, leurs détritus, à une certaine époque, ne se colorent plus, si ce n'est en jaune, par une solution d'iode (**).

(*) *Recherches chimiques et physiologiques sur les tissus organiques*, § 6 et 10, tom. III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris.*

(**) On lit dans la chimie de Despretz : « Les téguments qui sont insolubles à froid deviennent solubles à chaud (tom. II, pag. 501, 1830). » Despretz, pour consigner dans son ouvrage un fait démenti par la série des expériences que j'ai publiées depuis six ans à cet égard, n'avait d'autre autorité que celle de Guibourt, qui avait conclu que les téguments n'existaient plus dans le liquide, par cela que lui, Guibourt, et avec le secours de son microscope, ne les apercevait plus à une certaine époque. Or, Guibourt était alors à son début dans l'emploi du microscope, et il ignorait que, pour rendre visibles à cet instrument des corps devenus trop transparents, il ne faut pas les éclairer d'un trop grand faisceau de lumière; il ignorait aussi que l'évaporation de l'eau encore chaude peut, en couvrant de vapeurs la surface de l'objectif, dérober la

929. Une ébullition prolongée (24 heures environ) produit des effets analogues sur la contexture des téguments. Ils s'étendent d'abord presque indéfiniment dans le liquide; bientôt ils se déchirent irrégulièrement, et leurs lambeaux se couvrent de granulations arrondies d'un diamètre à peu près égal en apparence ($\frac{1}{200}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{300}$ de millimètre), qui grossissent de plus en plus à leur tour. Plus on prolongera l'ébullition, plus ces détritus de téguments tarderont à se précipiter au fond du vase par le refroidissement et par le repos; il faudra quelquefois un mois, pour que la substance soluble soit bien isolée de ses téguments déchirés, tandis que, après une heure d'ébullition, les téguments intègres n'emploieront tout au plus qu'une demi-journée, pour se tasser au fond du vase. Cela vient de la pesanteur spécifique de ces organes, qui diminue, à mesure qu'ils s'amincissent en s'étendant.

930. L'acide nitrique, dans lequel on a déposé de la fécule intègre, contracte en vingt jours environ une couleur jaunâtre. Toute la portion vide du flacon bouché à l'émeri devient, par le dégagement de l'acide nitreux, d'une couleur rougeâtre et rutilante. Les téguments finissent par disparaître en entier dans cet acide, qui ne tarde pas à se décolorer et à

forme des corps les plus opaques suspendus dans le liquide du porte-objet. L'assertion de l'auteur doit être attribuée à l'une et à l'autre de ces causes d'illusions microscopiques. Et d'abord, quant à son microscope, Guibourt annonce s'être servi de celui de Gabriel Pelletan, que nous avions eu l'occasion de manier avant l'auteur. Or, ainsi que nous l'avons déjà dit (*), ce microscope est une mauvaise noix de coco qui avait appartenu à Haüy, et qui, par les nouvelles modifications de ses lentilles, ne permettait souvent pas de voir des corps moins transparents que les téguments de fécule. Nous avions conseillé au propriétaire de l'instrument de faire usage d'un diaphragme, afin de diminuer l'intensité du faisceau lumineux, et les faux effets de la mauvaise combinaison des lentilles. Nous sommes forcé d'entrer dans tous ces détails élémentaires, puisque nos auteurs de traités classiques, faute de les connaître, s'exposent à enregistrer des erreurs évidentes dans des catalogues de faits.

(*) *Annales des Sciences d'observation*, tom. II, avril 1829, p. 104.

reprendre sa diaphanéité, sauf quelques *détritus* que la loupe y fait découvrir, quand on regarde le flacon à travers jour.

951. L'acide hydrochlorique pur et concentré se comporte d'une autre manière; l'acide devient d'abord jaunâtre et passe ensuite au noir jais; et, observé au microscope, il offre des myriades de globules noirs, tenus en suspension dans un liquide incolore. En chimie, on prendrait cette suspension pour une véritable dissolution. Si l'on étend l'acide avec de l'eau, tous les granules se précipitent, pour former une couche noire occupant le fond du vase, et le liquide qui surmonte cette couche reste incolore et très liquide. Si on lave sur un filtre cette poudre noire, on trouvera qu'elle monte en suspension dans l'acide hydrochlorique à froid et à chaud, qu'elle monte en suspension dans l'eau par l'élévation de température, et qu'elle s'en précipite par le refroidissement; ce qui vient de ce que ces granules ont une pesanteur spécifique moindre que celle de l'acide et plus forte que celle de l'eau.

952. On peut assister à la succession des phénomènes les plus intimes, qui ont lieu dans le cours de cette réaction. Soient deux lames de verre (486), dans l'une desquelles soit pratiquée une cavité en segment de sphère, et qui puissent glisser l'une sur l'autre à frottement; que l'on remplisse la cavité d'acide hydrochlorique concentré, dans lequel on aura déposé des parcelles de fécule de pomme de terre; que l'on fasse ensuite glisser subitement la lame simple sur la lame creuse, sans permettre à l'air atmosphérique de pénétrer dans la cavité; tous les grains de fécule éclateront sous l'influence du calorique, qui se dégagera pendant l'opération; mais un mois après on commencera à voir les téguments se couvrir de granulations, dont la plupart auront $\frac{1}{200}$ de millimètre. Le liquide, ainsi que le tissu des téguments, contractera de plus en plus une couleur roussâtre, et les globules de $\frac{1}{200}$ de millimètre commenceront à leur tour à se subdiviser. Un mois après, on apercevra des globules de $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{500}$ de

millimètre, etc., et le phénomène restera alors stationnaire, si l'acide a épuisé toute son action.

933. Si, dans le même appareil, on met la fécule en contact, non avec l'acide, mais avec la potasse ou la soude caustique, la fécule éclatera de la même manière, à la faveur du dégagement de calorique qui aura lieu par la combinaison de la potasse et de l'eau; la substance soluble se coagulera en plaques membraneuses; les téguments se granuleront, mais moins que dans l'acide. La couleur jaunâtre restera stationnaire indéfiniment. La fermentation de la farine produit à la longue, sur les téguments de la fécule, les mêmes granulations que l'action des acides ou de l'ébullition.

§ VIII. RÉFUTATION, A L'AIDE DES PRÉCÉDENTES EXPÉRIENCES, DE LA THÉORIE CLASSIQUE DE L'AMIDON, TELLE QU'ELLE ÉTAIT PROFESSÉE, A L'ÉPOQUE DE LA PREMIÈRE ÉDITION DE CET OUVRAGE (*).

934. « L'amidon se compose de petits cristaux tout formés » dans l'intérieur du végétal, et qui se précipitent par le dé- » chirement du parenchyme ou du tissu cellulaire. L'eau, à » la température ordinaire, dissout une certaine quantité d'a- » midon; car, après avoir été lavée sur un filtre, cette sub- » stance perd de son poids d'une manière appréciable. »

935. L'amidon ne se compose que de globules d'une blancheur éclatante, lisses, réfléchissant la lumière, qui croissent comme toutes les cellules végétales dans l'intérieur d'une cellule, et qui élaborent une substance gommeuse, de la même manière que d'autres cellules élaborent l'huile, la résine, etc. Je n'ai jamais trouvé aucun cristal dans l'intérieur

(1) Les paragraphes entre guillemets sont littéralement copiés dans les ouvrages des auteurs, que nous réfutons dans les paragraphes sans guillemets.

d'une cellule vivante; je n'en ai trouvé que dans les interstices, ainsi que je le démontrerai plus loin.

Les grains intègres de fécule sont insolubles dans l'eau froide, et cela indéfiniment. Deux causes peuvent faire croire à leur solubilité partielle. La première est la facilité avec laquelle les grains de la plus petite dimension passent à travers le filtre; la seconde est l'altération mécanique des grains de fécule, qui ont passé par les procédés de mouture, de fermentation, etc. Le tégument des grains de ce genre ayant été déchiré ou divisé, l'eau peut atteindre la substance incluse et la dissoudre.

936. « L'amidon se combine facilement avec l'eau bouil-
» lante, et forme un hydrate connu sous le nom d'empois
» (*Thénard*, 1824). — Mêlé avec l'eau bouillante, il forme
» l'empois, et devient soluble; par l'évaporation à siccité il ne
» reprend pas son insolubilité dans l'eau froide (*Desprets*,
» 1830). — L'amidon est insoluble dans l'eau froide, mais se
» résout dans l'eau bouillante en un liquide mucilagineux (*Ber-
» zélius*, 1832). »

937. L'amidon est composé de vésicules pleines d'une substance gommeuse qui durcit au contact de l'air (897) par l'évaporation de ses parties aqueuses. Dans l'eau élevée à 50° seulement, le *tégument* imperméable à froid se distend; dans l'eau bouillante il se déchire; la substance gommeuse se dissout alors dans l'eau, les téguments restent en suspension; ils se précipitent au fond du vase, si l'eau est en excès, et si, par conséquent, les téguments sont clair-semés dans le liquide; mais, si la fécule est en excès, les téguments qui ont acquis un volume au moins dix fois plus grand, forment, en se pressant et s'agglutinant bout à bout, des couches tremblottantes qui épaississent le liquide et le rendent opalin; c'est ce qu'on nomme *empois*.

938. « Cet empois, d'après Vogel, se décompose par la

» congélation, et l'amidon reprend ses propriétés primitives » (*Thénard*, 1824). — Selon Vogel, la dissolution mucilagi» neuse d'amidon, soumise à la congélation et au dégel, » laisse déposer l'amidon dissous, sous forme pulvérulente, » résultat qu'on n'obtient par aucun autre moyen (*Berzélius*, » trad. 1832). »

939. Par la congélation, les téguments, se contractant, acquièrent une plus grande pesanteur, deviennent plus clairsemés, et trouvent ainsi moins d'obstacle à se précipiter. Ils apparaissent alors au fond du vase avec l'aspect rigide et craquant de la fécule intègre; mais la moindre élévation de température va leur rendre leur souplesse et les faire remonter en suspension dans le liquide. Ce qui doit ajouter encore à la marche du précipité, c'est qu'à partir de + 4°, l'eau va toujours en augmentant de volume, et, par conséquent, en diminuant de densité jusqu'à zéro; tandis que les téguments au contraire diminuent de plus en plus de volume et augmentent de densité.

940. « La potasse, broyée avec l'amidon, lui donne la » propriété de se dissoudre dans l'eau froide; la dissolution » est troublée par les acides, qui, se combinant avec l'alcali, » mettent l'amidon en liberté (*Thénard*). — Une dissolution » concentrée d'hydrate potassique, broyée avec l'amidon, » forme une combinaison transparente, gélatineuse, soluble » dans l'alcool et dans l'eau, d'où l'amidon est précipité par » les acides. Etendue de beaucoup d'eau, la gelée limpide de» vient opaline (*Berzélius*, trad. 1832). — Broyé avec de la » potasse, il se dissout, et il est précipité de la dissolution par » les acides (*Despretz*, 1830). Avec la baryte et la chaux, l'a» midon forme des combinaisons insolubles, et qui se préci» pitent, quand on mêle une dissolution d'amidon avec de l'eau » de chaux ou de baryte. On obtient une combinaison d'oxide » plombique et d'amidon, en mêlant une dissolution bouil» lante d'amidon, avec un excès de sous-acétate ou de sous-ni-

» trate plombique, ce dernier à l'état de dissolution saturée » bouillante; l'amidon se combine avec la base en excès et » transforme le sous-sel en sel neutre. Le précipité est blanc, » caséiforme et pesant; il renferme 72 parties d'amidon sur » 28 parties d'oxide plombique (*Berzélius*, trad. 1832). »

941. La potasse caustique, en se combinant avec les vapeurs d'eau de l'atmosphère, produit assez de calorique pour faire éclater et pour distendre les téguments; la substance soluble peut être dès lors reprise par l'eau; or, comme l'eau de ce mélange n'est pas en assez grande proportion, pour modifier sensiblement le pouvoir réfringent de la substance soluble par rapport aux téguments de la fécule, il s'ensuit que la gelée conservera sa transparence; mais, en ajoutant de l'eau au mélange, la substance soluble s'étendra de plus en plus, sans que les téguments se modifient en aucune manière; le pouvoir réfringent des deux substances sera de plus en plus différent, et le liquide deviendra de plus en plus opalin et laiteux (27). Les acides étendus préalablement seraient bien capables, en contractant les téguments par leur astringence, de diminuer leur pesanteur spécifique et de hâter le précipité; mais il est facile de concevoir que ce précipité aurait lieu tout aussi bien sans le secours des acides, si l'on abandonnait cette prétendue combinaison potassique à elle-même après l'avoir suffisamment étendue d'eau. Ce qui avait sans doute porté les chimistes à croire que la potasse se combine atomistiquement avec la fécule, c'est que l'iode ne colore plus l'amidon traité par cet alcali. Mais il suffit de se rappeler l'affinité de l'iode pour la potasse, afin de concevoir que, si l'iode ne colore pas l'amidon, c'est qu'il forme un hydriodate, avec la potasse dissoute dans l'eau qui tient l'amidon en dissolution. Quant au précipité, dans lequel les chimistes voyaient l'amidon tout entier mis en liberté, il faut qu'ils ne se soient pas assurés, par l'expérience, de la nature de ce précipité; car en l'évaporant ils n'auraient pas manqué de se convaincre, d'après les principes de l'ancienne méthode, que cet amidon était ALTÉRÉ.

Les combinaisons atomistiques que Berzélius indique de l'amidon avec certaines bases insolubles, sont encore plus illusoires que celles de la potasse; car les particules de baryte ou de chaux que l'eau tient en suspension, rencontrant les téguments également suspendus dans le liquide, s'y attachent par adhérence, et les rendent plus pesants; ou bien, en se précipitant elles-mêmes, elles emprisonnent entre elles la substance soluble, et ce mélange mécanique, soumis aux procédés grossiers de l'analyse en grand, simule une combinaison atomistique. Il faut en dire autant de la combinaison avec le sous-sel de plomb; non que je nie pourtant que la substance soluble de la fécule, ainsi que l'albumine et autres substances organiques, n'ait la propriété de réduire certains sels et de s'en associer les bases, pour s'organiser en tissus; mais, en cette circonstance, le précipité n'est autre qu'un mélange de téguments rendus plus pesants par le sel insoluble de nitrate de plomb, d'oxide de plomb et de substance soluble; et ce mélange variera en proportions, selon les procédés de l'analyse, et surtout selon les circonstances qui favorisent ou paralysent la végétation et l'organisation. Je porte le défi le plus formel à cet égard; et j'ose avancer que les nombres indiqués par Berzélius ne se retrouveront pas une seule fois, dans une série d'analyses variées. Je ne m'étendrai pas ici sur les combinaisons d'amidon et de *borax*, d'amidon et de *bleu de Prusse*, ni sur la solubilité du *phosphate de chaux* dans l'amidon, comme l'avançait Vauquelin; ce serait vouloir perdre un certain nombre de lignes, que de les consacrer aujourd'hui à la réfutation de ces idées. Ce que j'ai dit, au sujet de quelques bases, suffit pour évaluer toutes les assertions analogues.

942. « L'acide nitrique affaibli le dissout à froid (*Thénard*). » — Les *acides* étendus dissolvent l'amidon en un liquide » transparent et très fluide (*Berzélius*). — Il se dissout également dans les acides nitrique, sulfurique (*Despretz*). »

943. Les acides avides d'eau, mêlés au contact de l'air avec de l'amidon intègre, produisent une chaleur suffisante pour faire éclater les grains féculents. Mais si l'on fait les expériences sans le contact de l'air, l'action de ces acides se bornera à altérer à la longue les tissus féculents, et à donner lieu à des phénomènes autres que ceux d'une simple dissolution. Bien loin de dissoudre la fécule, les acides précipitent même la substance soluble et la coagulent, en lui soutirant les molécules d'eau qui servaient à la tenir en solution; et s'ils semblent en dissoudre une partie après que les téguments ont éclaté, c'est à la faveur de l'eau qui leur est combinée. Il en est de même de la potasse caustique et de l'alcool, enfin de toutes les substances avides d'eau.

944. « L'acide sulfurique forme avec l'amidon un com- » posé cristallisable. Que l'on prenne de l'acide sulfurique » étendu de douze fois son poids d'eau; que l'on dissolve, en » élevant un peu la température, l'amidon dans quarante fois » son poids de cet acide faible, et que l'on verse de l'alcool » dans la dissolution, il en résultera un précipité qui devra » être regardé comme un mélange d'eau, d'acide sulfurique, » d'amidon pur et du composé cristallin. Si, après avoir lavé » le précipité avec l'alcool, pour enlever l'excès d'acide, on » verse sur le résidu une petite quantité d'eau, celle-ci dissou- » dra le composé; mais, comme elle en séparera un peu d'a- » midon, et que par cela même elle mettra de l'acide en li- » berté, il faudra verser la nouvelle liqueur sur un filtre, la » faire cristalliser par évaporation spontanée, et délayer à » plusieurs reprises les cristaux dans l'alcool. L'acide libre » sera emporté, et le composé d'acide et d'amidon restera pur » (*Saussure*, Ann. de ch. et de phys., t. 11; *Thénard*; *Ber- » zélius*, trad. 1832). »

945. L'alcool, en s'emparant des molécules aqueuses, rapproche et coagule les substances gommeuses : ce *coagulum* ne peut avoir lieu, sans emprisonner les molécules d'acide ou

de sel que tient en dissolution l'eau, dans laquelle la substance gommeuse est dissoute, et dans laquelle les téguments sont tenus en suspension. Dans le cas que cherchait à expliquer la théorie classique, il arrivera donc que l'acide sulfurique s'emprisonnera dans le sein des grumeaux formés par l'alcool, au moyen de la substance soluble et des téguments de la fécule. Si maintenant on lave les grumeaux avec de l'alcool, ce menstrue emportera les molécules acides qui peuvent recouvrir chacun des grumeaux, mais il respectera les molécules acides emprisonnées dans une substance que l'alcool ne saurait attaquer. En conséquence, la surface de ces grumeaux sera neutre, tandis que leur intérieur sera acide. Si ensuite, à la place de l'alcool, on se sert d'eau pour laver ces grumeaux, celle-ci, désagrégeant les téguments et dissolvant la substance soluble, mettra de nouveau l'acide en liberté. Mais si, après avoir bien lavé à l'alcool les grumeaux, on les fait dessécher, chaque parcelle, après sa dessiccation, conservera un aspect cristallin, à cause des diverses faces qu'elle contractera, soit par les cassures, soit par les traces de son application contre les parois du vase; on croira alors avoir des cristaux résultant d'une combinaison atomistique, tandis que, par le fait, on n'aura devant les yeux qu'un mélange artificiel; toutes ces expériences sont faciles à constater par l'observation microscopique. Il n'existe donc pas de sulfate d'amidon; car, bien loin que l'acide sulfurique ait une affinité proprement dite pour la fécule, il la précipite de l'eau; et, sans eau, il ne la dissout pas (906).

946. « Trituré avec plus ou moins d'iode, il forme des » combinaisons dont la couleur varie. Les combinaisons sont » violâtres, quand la quantité d'iode est petite, bleues quand » elle est un peu plus grande, noires quand elle l'est plus en- » core... Il paraît qu'entre ces diverses combinaisons, il en » existe une qui est BLANCHE, et qui contient le moins d'iode » possible (*Colin* et *Gaultier de Claubry*, Ann. de chim.

» 90; *Pelletier*, Bullet. de pharm. 6; *Thénard*, 1835; *Des-*
» *pretz*, 1830). L'IODURE D'AMIDON est soluble dans l'eau
» froide, et d'autant plus qu'il est plus riche en iode. L'io-
» dure bleu-noirâtre se dissout facilement : la dissolution est
» violette ; l'iodure bleu est moins soluble et forme une disso-
» lution INCOLORE... La dissolution du chlore détruit la couleur
» de l'IODURE d'amidon et la fait passer au jaunâtre... L'acide
» nitrique concentré le dissout en un liquide rougeâtre... Les
» alcalis la détruisent également ; les acides la régénèrent.
» (*Berzélius*, 1832 !!!) »

947. L'iode ne forme pas une IODURE D'AMIDON, dans le sens propre du mot, avec la fécule intègre ; il la colore seulement en s'appliquant sur la surface de chaque granule, par le même mécanisme, en vertu duquel, il colore en jaune les autres tissus organiques, tel que le lin, le coton, la laine, etc. Or, jusqu'à présent la chimie n'a point rangé les phénomènes de coloration des tissus, dans la classe des combinaisons atomistiques, et elle aurait commis une grave erreur, en rapprochant le moins du monde ces deux ordres de phénomènes. La prétendue combinaison en blanc était si facile à expliquer, même à l'époque de la publication du travail de Colin, Gaultier de Claubry et Pelletier, qu'on ne peut se défendre d'un mouvement de surprise, lorsqu'on voit cette idée reproduite avec une certaine afféterie, en 1835, par des chimistes célèbres. Car, ou bien l'eau dans laquelle vous opérez votre prétendu mélange, renferme des sels inorganiques susceptibles de céder leurs bases à l'iode, et alors au lieu d'une combinaison blanche d'iode et d'amidon, vous aurez un hydriodate inorganique, et l'amidon restera incolore : ou bien la quantité d'iode sera si faible, qu'elle ne semblera pas ajouter à la légère teinte déjà bleuâtre que possède la fécule de pomme de terre et même celle de froment. Ces prétendus iodures d'amidon ne se dissolvent jamais dans l'eau, si l'on opère à froid et si les grains de fécule sont bien intègres ; mais si vous opérez avec la fécule de froment, dont le plus grand

nombre des grains ont été écrasés par la meule, alors la substance soluble se dissolvant dans le liquide, celui-ci colorera en bleu, en s'associant à l'iode.

La dissolution de chlore ne fait passer au jaunâtre la couleur du prétendu iodure d'amidon, qu'en altérant la substance même de l'amidon. L'acide nitrique produit un effet analogue par la même cause. Les alcalis ne détruisent pas la couleur de l'iodure d'amidon ; ils s'emparent de l'iode et forment avec lui des hydriodates. Les acides remettent l'iode en liberté, et l'amidon se colore de nouveau. L'acide sulfureux et le gaz hydrogène sulfuré détruisent la couleur, par le même procédé que les acides ci-dessus. Berzélius ajoute que *dans ce dernier cas un acide plus fort reproduit la couleur*. C'est qu'un acide plus fort fait éclater les grains de fécule, et fournit ainsi à l'iode une nouvelle masse de substance à colorer.

948. L'analogie, car elle doit continuer la route qui nous a été tracée par les faits, alors que les faits positifs nous abandonnent, l'analogie ne me permet pas un instant de douter que la coloration par l'iode de la substance soluble et insoluble de la fécule, soit l'effet d'une substance étrangère à l'organisation essentielle de la fécule, et dont elle pourrait se dépouiller, sans perdre aucun de ses autres caractères. Voici les raisons sur lesquelles j'ai fondé depuis long-temps mon opinion : il est des théories professées dans les livres les plus estimés qui reposent sur des inductions moins logiques. 1° L'élévation de température suffit pour dépouiller la substance soluble de la faculté de se colorer par l'iode ; c'est alors une gomme ordinaire. Quant aux téguments. il faut un coup de feu plus fort (torréfaction) pour leur enlever cette propriété ; car les tissus cèdent, moins facilement que les substances solubles, les éléments avec lesquels ils sont combinés. On a dit depuis avoir répété cette expérience, sans avoir pu dépouiller la substance soluble, de la faculté de se colorer par l'iode. Dans l'intérêt de la démonstration, il nous

sera permis d'ajouter que le seul auteur qui ait procédé à l'expérience, est le même qui avait annoncé la solubilité des téguments, parce qu'avec un certain microscope il ne les avait plus aperçus flottants dans le liquide (928). En supposant que, dans le premier cas, l'auteur ait procédé d'une manière plus rationnelle que dans le second, voici la cause de cette dissidence : Si vous exposez la couche de substance soluble à la torréfaction sous une trop grande épaisseur, il sera impossible de torréfier les parties supérieures, sans brûler les inférieures. On devra donc alors s'arrêter, avant une suffisante torréfaction, c'est-à-dire qu'on n'aura pas torréfié du tout; le résultat sera donc nul, quoique l'expérience ait été faite pour la forme. Il faut que la couche soit extraordinairement mince, et qu'on la retire lorsqu'elle commence à jaunir. Du reste, qui ne sait que la torréfaction en grand dépouille la fécule de la propriété de se colorer en bleu par l'iode? Or, comment se ferait-il que la substance soluble refusât de perdre cette faculté lorsqu'elle est isolée des téguments, elle qui la perd, alors que les téguments l'emprisonnent? En vérité, les auteurs devraient épargner à la science, la nécessité d'écrire des pages pour faire ressortir de pareilles contradictions. 2° La fermentation spontanée produit à la longue les mêmes effets que l'évaporation par couches minces, sur la substance soluble, et que la torréfaction sur les téguments; et pourtant, à l'époque à laquelle les téguments refusent de se colorer par l'iode, ils conservent encore toutes leurs premières propriétés physiques et chimiques. 3° L'iode colore en bleu l'intérieur de certains grains de *pollen*, dans lesquels on ne trouve pourtant pas un atome de fécule. L'iode, ainsi que beaucoup d'autres substances, colore en bleu la résine de gaïac, qui certes ne sera pas soupçonnée de posséder de la fécule. 4° Si l'on verse de l'ammoniaque caustique dans la substance soluble de la fécule en ébullition, celle-ci se coagule en longs rubans très réguliers, et alors l'eau se colore en bleu par l'iode, comme auparavant, sans qu'elle paraisse re-



fermer en dissolution la substance gommeuse de la fécule. 5° Les progrès de la germination, chez les céréales, produisent, sur la substance soluble et sur les téguments que le calorique spontané a fait éclater, les mêmes effets que la fermentation à l'air libre; et notez que le périsperme étant alors fortement acide, on ne peut pas attribuer l'absence de la coloration bleue par l'iode, à la présence d'une base ou d'un alcali. Il arrive une époque, où les téguments, qui nagent dans le liquide nourricier, se colorent en purpurin très clair par l'iode, et finissent même par ne plus recevoir aucune coloration par ce réactif. 6° Enfin, on trouve, dans les organes de certains végétaux, des granules analogues, en tout point, aux granules d'amidon, qui remplissent les mêmes fonctions physiologiques, et qui ne diffèrent d'eux que par l'absence de la propriété de se colorer en bleu par l'iode.

Ces raisons péremptoires aux yeux du physiologiste, qui examine le développement, la transformation et l'analogie des organes, seront sans doute encore long temps repoussées par les chimistes, qui, ne s'occupant que des substances brutes, se plaisent à multiplier les êtres, dans le but d'enrichir la nomenclature et la classification.

949. J'irai encore plus loin, et j'oserai avancer que l'iode ne colore la substance soluble, qu'en la coagulant et en l'assimilant ainsi, par sa contexture artificielle, aux téguments eux-mêmes. Nos plus forts grossissements sont encore trop faibles pour apercevoir les myriades de ces petits grumeaux; on pense alors que ce qui communique au liquide sa couleur bleue est une dissolution; mais il est facile de se convaincre que l'iode forme, dans une solution de substance soluble, des grumeaux appréciables et variant de dimensions jusqu'aux limites de nos grossissements; en continuant l'observation par l'analogie, on doit admettre l'existence de grumeaux inappréciables comme tels, et suspendus comme les autres dans le même liquide; or, ces derniers ne peuvent y exister, sans que l'eau en paraisse colorée. Quand nous agi-

tons l'eau qui surmonte un précipité d'amidon intègre de pomme de terre coloré par l'iode, l'eau ne paraît-elle pas colorée à l'œil nu? Eh bien! ces grains colorés sont à l'œil nu, ce que les grumeaux infiniment petits sont à l'œil armé du microscope. Au reste, ce que nous disons ici de la coloration de la substance soluble de la fécule par l'iode, s'applique en général à toute autre substance colorante, et il faut admettre en principe, que toute dissolution dans l'eau ou dans tout autre menstrue incolore est incolore; et qu'au contraire toute coloration d'un liquide auparavant incolore indique une suspension.

950. Dans le cours de mes recherches relatives à l'amidon, j'ai rencontré bien des faits que j'ai omis de publier, parce que l'explication m'en semblait trop facile, et que je comptais beaucoup sur mes lecteurs. C'est un tort dans lequel tombent tous ceux qui poussent un peu loin leurs recherches; car il arrive tôt ou tard que ces faits, qui nous semblent d'une si petite importance, reviennent tôt ou tard à la science, sous un appareil plus solennel, faute d'avoir été une fois réduits à leur juste valeur par une phrase. Il nous faudra aujourd'hui plus d'une page, pour expliquer un fait semblable, que nous avions oublié de mentionner dans notre première édition.

Je m'occupais, en 1828, d'étudier l'action de l'iode sur la fécule, sous l'influence de l'ébullition; j'opérais dans une cornue en verre d'un litre à peu près de capacité; la coloration en bleu disparut dès les premiers instants, non pas faute d'iode, car après trois heures d'ébullition il s'en dégageait encore en si grande abondance, que le vent de la cheminée ayant rabattu, je n'aurais certainement pas manqué d'être empoisonné par les vapeurs, si la vapeur d'iode agissait sur tout le monde, comme un pharmacien de la capitale annonçait que cette substance avait agi sur lui (*); la chandelle

(*) Assertion que je réfutai par cette expérience, dans le *Journal général de médecine*, tom. CIII, juin, p. 337; car, après avoir séjourné si long-temps dans ce foyer d'infection, je ne ressentis pas d'autre in-

s'éteignait dans ce nuage de vapeurs. Par le refroidissement, le liquide, incolore pendant l'ébullition, reprenait la couleur bleue qui caractérise la réaction de l'iode..

Or, d'après tout ce qui précède, il sera facile de concevoir le mécanisme de l'influence de la chaleur sur ce phénomène de coloration. En effet, l'iode a encore plus de tendance à se volatiliser que d'affinité pour les tissus organiques. Abandonnez à l'air et à la température ordinaire de la fécule intègre colorée par une solution aqueuse d'iode, la fécule tombera au fond du vase, sous forme d'une poudre bleue et insoluble; décantez l'eau, et laissez évaporer les molécules aqueuses qui imbibent le précipité; par suite des progrès de la dessiccation, la couleur bleue passera, par une série de dégradations, à la couleur violette, puis marron, puis rouge de brique, puis jaune; et au bout d'un mois, la poudre féculente aura repris sa primitive blancheur. Que si alors vous mouillez le précipité, il arrivera fréquemment que vous raviverez une couleur bleue assoupie dans les interstices des molécules de fécule, qui restait sans action, faute d'un dissolvant, et qui ne s'évaporait pas, faute de trouver un passage, à travers les parois qui l'emprisonnaient. Ainsi à froid, l'iode qui s'était d'abord porté sur la surface des grains de fécule et qui les avait revêtus d'une couleur bleue d'une plus ou moins grande intensité, à froid même l'iode s'en détache peu à peu, et se volatilise.

L'action de la chaleur accroît nécessairement cette tendance; la volatilisation de l'iode sera donc presque instantanée, dès les premières impressions du feu; car l'intensité d'une influence abrège la durée de son action. En conséquence, l'iode se détachera de la surface des grains de fécule, pour se redissoudre dans le liquide, et ensuite pour s'évaporer avec lui. Si on laisse refroidir le vase, l'iode se reportera néces-

commodité qu'un arrière-goût d'iode; j'avalai un verre d'eau alcalisée avec une larme d'ammoniaque, et je passai une excellente nuit.

sairement sur la fécule, comme le fait toute solution aqueuse de cette substance métalloïde; à froid la fécule se colorera de nouveau en bleu, pour se décolorer de nouveau à chaud, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'iode dans le liquide. On remarquera même que la coloration en bleu offrira d'autant moins d'intensité, que l'on aura soumis plus de fois le liquide à l'ébullition.

Que si, au lieu de porter le liquide à l'ébullition, vous l'arrêtez à 90°, il est évident que vous ferez durer plus long-temps les alternatives de coloration et de décoloration, puisque l'énergie de la volatilisation d'une substance est en raison de l'intensité de la chaleur.

Les éléments de cette explication si facile à saisir, se trouvaient disséminés à chaque page de nos expériences sur la fécule; ils ont échappé à la sagacité des observateurs qui sont venus après nous; car nous avons vu ce phénomène de décoloration se présenter, avec tout l'appareil d'une découverte inexplicable, en 1833 (*).

Il ne faut pas perdre de vue qu'une partie de l'iode est enlevée par les sels que peut renfermer l'eau la plus pure en apparence, par les sels que l'amidon le mieux lavé est dans le cas de retenir sur la surface de ses grains, enfin, qu'une autre partie, comme nous l'avions fait observer depuis long-temps, est transformée en acide iodique et hydriodique, en se combinant avec les éléments de l'eau; ce que l'on reconnaîtra en aiguisant le liquide d'une goutte de solution de chlore, qui remettra l'iode en liberté, lequel se reportera sur l'amidon et le colorera en bleu.

951. « On peut toujours obtenir la plus belle couleur » bleue, en traitant l'amidon avec un excès d'iode, DISSOLVANT » le COMPOSÉ dans la potasse caustique, et précipitant la dis- » solution par un acide végétal (*Thénard*). — L'acide sulfu-

(*) *Journal de pharmacie*, tom. 9, pag. 450, Lassaigne.

» rique concentré dissout l'iodure d'amidon, ainsi que l'acide
» étendu; mais la dissolution obtenue par le premier est
» brune et devient violette quand on l'étend d'eau, tandis
» que la dissolution dans l'acide affaibli est bleue. (*Berzé-*
» *lius*, 1832.) »

952. La potasse, ainsi que tous les autres alcalis, enlève à l'amidon intègre l'iode qui le colore, pour former avec lui des hydriodates. Si dans cette opération le dégagement de calorique est suffisant, les grains de fécule éclateront, les téguments monteront en suspension, et la fécule paraîtra s'être dissoute en rendant le liquide opalin. Si au contraire le dégagement de calorique est insuffisant, la fécule restera au fond du vase, mais décolorée et avec sa première blancheur; l'acide qu'on ajoutera ensuite s'emparera de l'alcali; l'iode remis en liberté se reportera sur la fécule et la colorera de nouveau. Si cet acide produit lui-même assez de calorique pour faire éclater les grains, qui, dans la seconde hypothèse, n'auraient pas éclaté, il s'ensuivra qu'au lieu d'une poudre colorée au fond du vase, on aura un liquide plus coloré que la première fois, vu que l'iode aura à exercer son affinité, non plus sur les téguments seuls, mais sur les téguments et sur la substance soluble; car l'iode ne pénètre jamais jusqu'à la substance renfermée dans le tégument, tant que celui-ci ne s'est point déchiré par le broiement ou distendu dans l'eau chaude. La même intensité de couleur aurait lieu, même avec l'aide d'un acide très étendu d'eau, si la potasse avait déjà fait éclater les grains de fécule, en les décolorant. Il est inutile d'ajouter que dans ces deux derniers cas, si l'on a soin de tenir le flacon bouché, les téguments ne tarderont pas à se précipiter, sous forme d'une poudre bleue, mais qui ne se tassera jamais comme le ferait l'amidon intègre coloré par l'iode.

953. L'action de l'acide sulfurique sur la coloration du prétendu iodure d'amidon, tient absolument au même ordre de phénomènes. S'il est concentré, les grains de fécule écla-

teront, et la coloration sera plus intense que si l'acide avait été faible, puisqu'elle sera double dans le premier cas et simple dans le second. Or un bleu intense est brun en apparence.

954. « Th. de Saussure ayant abandonné à lui-même de » l'amidon de froment réduit en empois, exposé à l'air libre, » ou à une faible quantité d'air dans un flacon bouché à l'é- » meri, et cela pendant deux mois et même un an, a re- » connu que, par cette fermentation spontanée, l'amidon » s'était transformé en 1° sucre, 2° amidine, 3° gomme, » 4° ligneux amylacé, 5° ligneux mêlé de charbons, 6° ami- » don non décomposé, 7° résine molle ; et il a donné sur tou- » tes ces substances des nombres précis, même avec des » fractions. Il désigne sous le nom d'AMIDINE, une substance » qui se colorerait en bleu par l'iode, mais qui ne se dissou- » drait en toutes proportions dans l'eau qu'à 60°, qui ne » formerait point de gelée avec l'eau bouillante, et dont la » dissolution dans la potasse ne serait pas visqueuse. Cette » substance, obtenue après certains lavages et une suffisante » dessiccation, serait blanche ou d'un blanc jaunâtre, très » friable, en fragments irréguliers, sans odeur, sans saveur. » On l'obtiendrait, d'après lui, en jetant l'amidon fermenté » sur un filtre, le lavant, le faisant redissoudre dans l'eau » bouillante, et filtrant de nouveau. Le LIGNEUX AMYLACÉ » s'obtiendrait de l'empois fermenté, en traitant le résidu » non attaqué par l'eau bouillante, avec dix fois son poids » d'une lessive de potasse contenant $\frac{1}{12}$ d'alcali, ajoutant de » l'acide sulfurique faible à la lessive, pour en précipiter le » LIGNEUX AMYLACÉ, qui se présente alors sous forme d'une » légère poudre jaune, qui bleuit par l'iode, qui s'agglo- » mère et devient noire par la dessiccation, et présente à l'é- » tat sec une cassure brillante et vitreuse. Le charbon forme » le dernier reste, sur lequel l'eau, l'alcool, l'acide sulfu- » rique, la potasse, ont été sans action. » (*Thénard*,

Desprets, *Berzélius* reproduisent et adoptent ces résultats si compliqués, et que nos expériences vont faire rentrer, de la manière la plus facile, dans la classe des illusions et des doubles emplois; cependant Berzélius n'a pas pu résister au besoin de puiser dans nos travaux précédents une explication qu'il a du reste altérée, au sujet du LIGNEUX AMYLACÉ (*Traité de chim.*, art. *Amidon*, t. V, p. 204.)

955. Nous avons dit que, si l'on a la simple précaution de jeter une goutte d'alcool dans l'amidon traité par l'eau bouillante, ou, ce qui revient au même, si on a lavé à l'alcool la fécule, afin de la dépouiller des substances étrangères et résineuses, qui pourraient adhérer à sa surface, sa métamorphose en acide caséique n'a pas lieu. Il en est de même lorsqu'on l'expose au contact de l'air, sous forme d'empois épais, et que les téguments tassés ne sont point surmontés d'une grande couche d'eau (927). Or, voici ce qui est arrivé dans les expériences compliquées de Saussure.

956. Je ne parlerai pas de la résine, que l'auteur n'a certainement trouvée que dans l'amidon de froment, qui n'est jamais susceptible d'être obtenu à un aussi grand état de pureté que l'amidon de pomme de terre. Je reviendrai sur cette circonstance, en parlant de l'analyse des farines.

957. Les téguments se subdivisent à l'infini; et, en fournissant de l'acide carbonique et de l'hydrogène, aux dépens de leur tissu, ils deviennent de plus en plus rigides; l'empois deviendra donc de plus en plus liquide et moins collant. Une longue ébullition produit sur la fécule, sous ce rapport, le même effet que la fermentation, en subdivisant à l'infini ses téguments.

958. Le sucre, obtenu par Saussure en assez grande quantité de l'amidon du froment, existait en partie dans la farine; car il est impossible qu'une quantité considérable de ce sucre, pendant la durée du procédé des amidonniers, n'ait pas adhéré à la surface des grains intègres, et ne se soit pas emprisonnée, soit dans les téguments qu'a déchirés la meule ou

la chaleur provenant de la fermentation du gluten, soit entre les divers grumeaux si tenaces de cet amidon. Outre cette portion préexistante du sucre, il s'en produit dans l'empois de froment, qui ne se produirait pas dans l'empois de fécule de pomme de terre, à cause du gluten qui existe en grande quantité dans le premier et qui manque dans le second; car la fermentation du gluten, qui enfante de l'alcool quand on l'associe avec le sucre, peut produire du sucre, associé aux produits et aux éléments de l'empois. Enfin nous pouvons assurer d'avance que, sous tous ces rapports, chaque expérience donnerait des nombres considérablement différents les uns des autres. Venons à l'AMIDINE et au LIGNEUX AMYLACÉ.

959. On peut obtenir l'AMIDINE de Saussure, immédiatement après l'ébullition de la fécule dans un grand excès d'eau. Si l'on jette l'empois sur un filtre multiple, la substance soluble passera limpide, et les téguments resteront sur le filtre; en les soumettant de nouveau à l'ébullition, les filtrant de nouveau, et enfin en les desséchant convenablement, on les obtiendra à part avec tous les caractères que leur assigne Saussure (913); car leur dissolution dans l'eau à 60° n'est qu'une suspension, et leur dissolution dans la potasse ne sera pas visqueuse, vu que la substance gommeuse ne sera plus là pour agglutiner les téguments entre eux. L'erreur de Saussure, erreur qui était plutôt le fait de la science que celui de la négligence de l'auteur, serait impardonnable aujourd'hui.

960. Le LIGNEUX AMYLACÉ est évidemment le produit de l'analyse et non celui de la fermentation; car Saussure, pour l'obtenir, a traité le résidu qui refusait de se dissoudre dans l'eau à 60°, d'abord par de l'eau chargée de $\frac{1}{12}$ d'acide sulfurique qui en a dissous une partie à l'aide de la chaleur, puis le dernier résidu par la potasse caustique, et par l'acide sulfurique étendu, afin de le précipiter de l'eau alcaline; et le LIGNEUX amylacé s'est présenté sous forme d'une poudre jaune, bleuissant avec l'iode, s'agglomérant, devenant noire

par la dessiccation, et présentant à l'état sec une cassure brillante et vitreuse. Le résidu, sur lequel a opéré Saussure, se composait évidemment de ces gros grumeaux, qui se forment toutes les fois qu'on jette dans l'eau bouillante la fécule en trop grande quantité, et sans l'avoir préalablement délayée dans de l'eau froide; ces gros grumeaux refusent de se tenir en suspension, comme le font les téguments isolés, à cause de leur pesanteur spécifique, et ils renferment toujours dans leur sein une certaine quantité de grains intègres qui ont été protégés, contre l'action de l'eau bouillante, par la couche plus ou moins épaisse des téguments soudés entre eux, qui les recouvre de toute part; car pour que les téguments de la fécule laissent passer la substance soluble, il faut non seulement du calorique, mais encore la présence de l'eau. Aussi voyons-nous que Saussure a retrouvé, dans ces cinq expériences, 3, 4, 5 et même 9 pour cent d'amidon non dissous. Ensuite la potasse caustique altère les téguments à l'aide de la chaleur, comme elle altère le ligneux même; l'acide sulfurique ajoute encore à cet effet; il n'est donc pas étonnant que le précipité de téguments s'offre comme une poudre jaunâtre; d'un autre côté, quelque nombreux que soient les lavages sur le filtre, il m'a été démontré, par des expériences dont je parlerai plus bas en parlant de l'ulmine, que les téguments de la fécule, ainsi que tous les autres genres d'organes, soit végétaux, soit animaux, retiennent toujours une certaine quantité des bases ou des acides avec lesquels on a traité leur substance. Si donc vous soumettez le précipité resté sur le filtre à la chaleur de la dessiccation, l'action des bases et des acides sur leur tissu sera encore plus intense que dans la première circonstance, et cette action sera telle même qu'une grande quantité du résidu, celle qui avoisinera de plus près les parois échauffées, se réduira en grumeaux plus ou moins charbonnés. De là deux ordres de substances pour le chimiste : le LIGNEUX AMYLACÉ (téguments à demi charbonnés, mais se colorant en-

core par l'iode), et le CHARBON proprement dit (téguments tout-à-fait charbonnés et ne se colorant plus par l'iode). Mais il est nécessaire de faire remarquer que, si l'on veut répéter les expériences de Saussure, on obtiendra, en suivant la marche de son analyse, un aussi grand nombre d'*amidines*, de *ligneux amylacés*, etc., qu'on variera les circonstances et les procédés de l'opération (63).

961. La substance soluble ayant été dépouillée de la faculté de se colorer en bleu avec l'iode, sous l'influence de cette fermentation spontanée (923, 928), elle apparaît, dans les expériences de Saussure, sous la forme d'une gomme.

962. En conséquence, dans les expériences de Saussure, la seule substance que la fermentation ait introduite dans l'empois, c'est une certaine quantité de sucre; la seule qu'elle ait éliminée, c'est la substance colorable par l'iode de la substance soluble; toutes les autres y étaient déjà; et, les premiers jours de l'expérience, l'analyse les y eût retrouvés comme un mois, deux mois et un an après.

§ IX. RÉFUTATION DES THÉORIES CLASSIQUES OU PLUTÔT OFFICIELLES, QUI ONT SUIVI LA PREMIÈRE ÉDITION DE CET OUVRAGE.

963. Le succès inattendu du *Nouveau système de chimie organique* réveilla la colère académicienne, qui, depuis quelques années, semblait s'être assoupie, fatiguée de la lutte et impuissante à la discussion; l'auguste assemblée pensait du reste alors, que son silence était un anathème et un signe suffisant de proscription, et que tout le monde devait se taire sur un fait, lorsqu'elle n'en ouvrait pas la bouche. Mais les temps étaient bien changés; la liberté venait de souffler sur toutes ces belles prérogatives; la science, que ces messieurs gardaient si bien d'aventure, qu'ils l'empêchaient assez souvent de faire le moindre pas en avant, la science s'était émancipée, comme tant d'autres muses; et, profitant

d'un instant de panique, elle échappa à ses pontifes, se mit à courir les rues, devisant, en langage fort intelligible, avec le premier venu, ce qui fit que le *nouveau système* rencontra des connaisseurs partout, et fut jugé partout avec une impartialité non académique. L'Académie s'émut à ce succès, dont les fonds Monthyon n'avaient nullement fait les frais; elle fit courir en toute hâte après cet enfant de la nature, et lui offrit de l'adopter, de l'enrichir et de le revêtir de la robe qui immortalise. L'enfant, sans doute mal appris, répondit à la puissante dame : « Gardez votre or, et laissez-moi ma bonne et rustique mère, la nature, dont le lait m'a rendu fort, dont la pauvreté m'a rendu fier, dont la sagesse m'a rendu vrai; allez prendre vos académiciens ailleurs. » Et l'enfant court encore, gagnant des forces en courant.

964. Mais la haine se trouve au dos de l'amitié; vous repoussez celle-ci, il vous tourne de l'autre. A ce colloque, que personne n'avait entendu, l'Académie opposa un tapage d'ensemble, je dirais même un tapage de commande, ou un tapage officiel, si dans ce livre j'avais à envisager mon sujet, sous un autre point de vue que le point de vue scientifique.

965. Chevreul commença l'attaque, par un rapport historique, commandé de par l'auguste corporation, sur l'ensemble des travaux qui avaient eu jusqu'à ce jour pour objet l'étude des fécules. Chevreul se livra au travail, avec l'ardeur d'un homme qui a des griefs personnels à venger; il avait à faire expier à la fécule les duretés adressées à ses corps gras. L'honorable rapporteur compila, exhuma tous les bouts de note les plus ignorés et les plus insignifiants, élevant, c'était la consigne, ce qui était abaissé, afin de mieux abaisser ce qui était élevé. Mais il paraît que, dépassant les pouvoirs de la commission, il avait étendu son privilége jusque sur les travaux de ses illustres confrères; d'où il advint que la lecture du rapport souleva un orage, à la suite duquel le rapport fut soumis à la censure, dans le but d'en retrancher les malices qui s'y trouvaient à l'adresse des académiciens. Après avoir

subi toutes ces coupures, le travail parut dans *les Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, 1834, où nous renvoyons ceux de nos lecteurs qui auraient quelques instants à perdre.

966. Pendant que le rapporteur se livrait à ces recherches, la table des matières des *Annales de chimie* à la main, l'Académie, impatiente, essayait d'un autre genre de malice, qui, jusqu'à ce jour, s'est trouvé tout aussi innocent que le premier. Crainte que, malgré le soin que l'on prenait de noyer la nouvelle théorie dans un déluge de notes et de citations, celle-ci ne vînt encore au-dessus de l'eau, on s'apprêta à l'écraser sous le poids d'une priorité authentique. On annonça, avec tout l'éclat de la publicité hebdomadaire, que Leeuwenhoeck, bien avant 1696, avait déjà découvert en entier la nouvelle théorie sur la fécule; ce qui fit dire à un mauvais plaisant, que les académies ne se rendent à l'évidence qu'après cent cinquante ans d'oubli; car, dans aucun livre de chimie, le nom de Leeuwenhoeck ne se trouvait cité au sujet de la fécule; et les livres de chimie n'avaient cessé de raisonner de la fécule, dans un tout autre sens, que celui dont l'érudition un peu tardive de l'Académie venait tout-à-coup de lui faire honneur. Voici comment Biot s'en exprimait dans la séance du 5 novembre 1832 : « Leeuwenhoeck a vu que le grain d'amidon se compose d'une *vésicule* et d'une *substance soluble* qui en est la partie nutritive, puisque, dans le canal intestinal des animaux, on ne rencontre plus que des coques ou vésicules; il a démontré l'existence de cette organisation, en soumettant de la fécule à l'action de la chaleur dans l'eau, il s'est convaincu qu'il sortait, de chaque grain, quelque chose de soluble également dans l'eau et dans l'alcool. » Les journaux politiques et scientifiques répétèrent tout textuellement cette citation; et, sous le manteau de Leeuwenhoeck, la découverte fut regardée comme incontestable; il n'y avait en effet qu'un nom proscrit qui s'opposât à son adoption. Nous demandons à nos lecteurs la permission de confronter la traduction académique avec le texte de l'original; peut-être en résultera-t-

il, pour les latinistes, la preuve, qu'on peut être académicien, professeur et même pair de France, sans trop connaître le latin, ce qui n'est certainement pas un grand défaut, quand on ne se mêle pas de vouloir l'expliquer à des élèves.

1° *Latin de* LEEUWENHOECK *traduit par l'Académie.*

967. 1° Pour que Leeuwenhoeck eût été dans le cas d'étudier l'organisation de la fécule, il aurait fallu que, de son temps, on eût connu une substance nommée fécule, ou isolée comme la fécule, quoique portant un nom différent. Mais, de son temps, on connaissait la farine, qui était alors une unité chimique; et ce n'est que depuis Beccari qu'on a constaté, que la farine se composait de deux substances principales insolubles dans l'eau froide, le gluten et la fécule, et ensuite de gomme, de sucre, d'huile, de sels, sans parler du son, plus ou moins divisé, qui se rencontre en assez grande quantité dans les farines les plus pures. Du temps de Leeuwenhoeck, tout ce mélange assez compliqué, s'appelait farine, *farina* (*); et l'auteur hollandais se servait de ce nom. Pour l'observer au microscope, il se contentait d'en placer une parcelle au microscope, et tout ce qu'il apercevait isolé, il le désignait sous le nom de *particulæ farinariæ*, *globuli farinarii*, *farinacea substantia*, ou bien *farinulæ* tout simplement. Il rencontrait ces globules, ces farinules, non seulement dans les céréales desquelles on a extrait après lui l'amidon, mais encore dans tous les organes qui peuvent se réduire en farine, et chez lesquels aucun chimiste n'a jamais constaté la présence de la plus minime quantité de fécule; par exemple, dans les semences du néflier (**) (*quod semen nos*, dit-il, *lapides mespili nominamus*), dans celles des crucifères (***)

(*) *Epist. physiologicæ*, in-4°, 1719. Delphis ep. 29, pag. 252.

(**) *Arcana naturæ*, ep. 74, pag. 331 et 332. — *Continuatio epist.*, Lugd. Batav., 1696, pag. 13.

(***) *Ibid.*, pag. 35, ligne première.

(*Chærophyli observavi semen..... ut farinacea substantia*, etc.). Or, dans ces dernières substances, les *farinula* sont des globules oléagineux. Ainsi Leeuwenhoek confondait dans la même observation les substances les plus hétérogènes. En admettant donc que Leeuwenhoeck eût reconnu la structure de certains de ces granules, comment aurait-on pu prouver que ce qu'il avait vu au microscope se rapportait à la fécule, que dans la suite on isola en grand? Si cela était facile, pourquoi MM. de l'Académie ne l'ont-ils pas constaté? Pourquoi ont-ils pris si long-temps, pour des cristaux, des corps dont Leeuwenhoeck avait décrit la structure d'une manière si exacte? Enfin, pourquoi a-t-il fallu dix ans d'une opiniâtre discussion, afin de leur faire adopter une idée, qui se trouvait consignée avec tant de clarté dans un livre si répandu et si souvent feuilleté? A présent que nos expériences ont mis chacun à même de reconnaître la fécule dans une farine soumise au microscope, il est évident qu'on aura moins de peine à la reconnaître sur les figures grossies, qu'un observateur aurait faites de la farine, avant la découverte de l'amidon? Mais celui qui publie des figures n'a rien découvert que ce qu'il figure. Vous dites que les globules qu'il figure sont de l'amidon; mais pourquoi pas des globules de gluten, des globules mélangés de gomme et de sucre, enfin des globules oléagineux, qui, ailleurs, pour lui, sont des globules de farine? En 1824, qu'auriez-vous répondu, si on vous avait posé ainsi la question? vous auriez fermé le livre, en vous payant de l'adage d'alors, qu'au microscope, il y a beaucoup d'illusions dont on ne sait se rendre compte; et vous seriez retournés à la cornue, pour précipiter et filtrer, et pour obtenir l'amidon sous forme de cristaux, venus de je ne sais où, et formés, vous n'auriez su comment. Si Leeuwenhoeck a découvert ce que, avant cette époque, vous n'auriez jamais pu reconnaître dans son livre, il faut admettre alors que Lavoisier n'a pas découvert l'azote, parce qu'avant lui on savait que la combustion du charbon asphyxiait; il faut admettre que Papin

n'a pas signalé la puissance de la vapeur, que Watt ne l'a pas transformée en levier, parce que chacun avait eu plus d'une occasion d'observer que la vapeur d'eau soulevait les couvercles de la marmite ; enfin, il faut admettre que Beccari n'a pas découvert le gluten et l'amidon, que c'est Leeuwenhoeck, au contraire, parce qu'il a été impossible à ce dernier auteur d'avoir la farine des céréales sous les yeux, sans voir, à son insu et malgré lui, du gluten et de la fécule. Pauvres académies, qui ont ordre de se venger d'un homme avec de tels subterfuges ! Mais laissons là le subterfuge, et examinons avec quel bonheur la plus savante académie du monde explique le latin.

2° Leeuwenhoeck n'a point reconnu l'organisation et la composition du grain qu'il observait, et c'est par une série inexplicable d'hallucinations que le traducteur lui a prêté sur ce point une opinion précise.

Dans une première lettre, l'auteur avait, disait-il, découvert (*) que chaque globule, qu'il apercevait sous le microscope, en examinant la farine de nèfle, était muni d'un vaisseau (*vasculo sive vend*), par lequel la matière plastique venait passer, pour aller composer d'autres globules (*per quam protrusio ad plures partes conficiendas peragebatur*). Or, veut-on savoir ce que c'est que ce vaisseau ? c'est tout simplement l'effet de clair-obscur que la réfraction et la diffraction des rayons lumineux produisent, sur les globules hyalins observés au microscope, en sorte que Leeuwenhoek aurait dû trouver ainsi trois ou quatre vaisseaux circulaires sur la bulle d'air plongée dans l'eau (voyez notre pl. 9, fig. 8 *f*). D'après Leeuwenhoeck, c'est par ces perforations vasculaires que les globules étaient enchaînés entre eux (*esse junctas*) (**).

(*) *Arcana naturæ*, ep. 74, pag. 332, 1695, fig. 20 II.
(**) *Arcana naturæ*, ep. 74, pag. 333.

Plus tard, Leeuwenhoeck se demande (*) si les globules de farine ne seraient pas enveloppés, comme le sont toutes les semences, d'une membrane quelconque (*membranulâ quâdam sint obvoluti*). Mais, ajoute-t-il, je désespère de pouvoir jamais rendre ce fait accessible à mes yeux (*verùm oculis meis unquam manifestandum esse non confido*); cependant plus bas il arrive à penser, par induction, que chaque globule était tout aussi bien revêtu d'une enveloppe (*cuticulâ*) (**), que le grain de froment lui-même; et, pour continuer l'analogie, il conclut que cette enveloppe revient s'enfoncer dans la substance, comme chez un grain de céréales, et que dans cet enfoncement longitudinal existe une solution de continuité, une *commissure* (*commissurâ quâdam conjungitur*), comme sur le grain de froment. Or, cette commissure, cette solution de continuité est un rêve sur le grain de froment et sur le grain de fécule. Chez le grain de froment c'est un enfoncement produit par la pression du rachis; et, sur le grain de fécule, le feu seul et à sec, est capable de produire la fente que Leeuwenhoeck a figurée avec prodigalité sur les globules qu'il observait, figures 12, 13. Jusque là il n'y a qu'une induction fondée sur des illusions; or, une découverte ne se fonde pas sur des aperçus illusoires.

3° Mais Leeuwenhoeck va plus loin, et il entreprend de soumettre au feu, sur une lame de verre, des globules de farine de froment nageant dans une goutte d'eau; et que découvre-t-il? il découvre que les globules s'aplatissent comme des gâteaux (*figuram adsciscunt planam et figuræ liborum assimilem*) (***). Il répète plusieurs fois cette expérience sur diverses farines, il rencontre les mêmes figures et les fait dessiner; ce sont toujours des gâteaux et rien de plus; et ces

(*) *Epist. physiolog.*, ep. 26, pag. 235.
(**) *Ibid.*, pag. 236.
(***) *Ibid.*, pag. 239.

gâteaux, dit-il, s'affaissent par le retrait de la commissure de la cuticule, ce qui est toujours le résultat d'une hypothèse. C'est alors, dit-il, que se montre bien, dans le centre de chaque gâteau, une protubérance, indice, d'après lui, du canal par lequel le suc nourricier a filtré des uns aux autres. Or, ici ce canal imaginaire est encore un simple effet de réfraction. Ainsi l'eau chaude ne fait qu'aplatir, affaisser, élargir ces globules de farine d'après Leeuwenhoeck; et c'est là ce qu'on se donne le plaisir d'appeler la découverte de l'organisation de la fécule, substance dont Leeuwenhoeck n'avait pas même pu soupçonner l'existence et la nature.

4° Mais, disent les traducteurs, Leeuwenhoeck a vu que ces globules abandonnent quelque chose à l'eau et à l'alcool.

Or, premièrement, si Leeuwenhoeck avait vu quelque chose de semblable, il aurait mal vu; car la fécule n'abandonne rien à l'alcool. Mais cette version tient encore au point de vue qu'on a pris, pour interpréter la pensée de l'auteur; on s'est imaginé que Leeuwenhoeck, au lieu de soumettre à ses observations un mélange de gomme, sucre, résine, huile, fécule et gluten, mélange que nous nommons farine, n'avait eu sous ses yeux que de la fécule pure, comme l'est la fécule de pomme de terre que Leeuwenhoeck ne connaissait pas. Or, voici ce qu'affirme Leeuwenhoeck : *Cum hisce occuparer, adverti aliquid materiæ* A FARINA *transisse in aquam... pro aquâ adhibui spiritum vini, et... comperi aliquid materiæ à farina discessisse* (*); il n'ajoute pas un mot de plus; et le traducteur, au lieu de traduire le mot *farina* par *farine*, le traduit par globule d'amidon. Mais Leeuwenhoeck établit une espèce de différence entre la farine et les globules qu'il appelle *farinarii globuli, farinula*; et ici il ne cherche nullement à déterminer l'origine de ce que l'eau et l'alcool ont pris à la farine. Or, dans une substance aussi compli-

(*) *Epist. physiolog.*, ep. 26, pag. 242.

quée, par quelle complaisance d'interprétation attribuerait-on aux globules, dont Leeuwenhoeck ne s'occupe pas, une dissolution qui peut provenir du sucre, de l'huile, de la résine et même du gluten de la farine, toutes substances également solubles dans l'eau et dans l'alcool?

5° Enfin, on nous dit encore que Leeuwenhoeck a réellement découvert que la substance soluble de la fécule en était la partie nutritive, puisque, dans le canal intestinal des animaux qui vivent de farine, il a trouvé des coques de ces globules. On est bien malheureux, quand, pour appuyer un triomphe d'amour-propre, on est forcé de tomber dans tant de contre-sens! Leeuwenhoeck n'a rien dit, n'a rien vu d'analogue; il est facile de le démontrer par les passages.

« J'ai voulu, dit-il, rechercher par quel moyen les grains de farine (*farinulæ*) (*) se résolvent en aliments (*resolvantur*) dans le corps des animaux; à ce sujet j'ai soumis à mes investigations microscopiques les excréments des animaux qui se nourrissent de farineux, par exemple ceux des colombes, et j'y ai trouvé une grande quantité de globules de farine (*magnam farinularum copiam*), en outre des paquets entiers et intègres de farine (*integros solidosque farinæ fasciculos*) et enfin beaucoup de MEMBRANULES VIDES DE LEURS GLOBULES de farine (*multæ membranulæ... farinulis suis vacuefactæ*). » Le traducteur a pris le *membranulæ* pour ce que j'ai nommé *téguments de fécule*, et le *farinulis* pour ce que j'ai nommé *substance soluble* de la fécule. Cette traduction est large et un peu libre; car, si l'on avait voulu lire plus attentivement, on aurait vu que, par *membranulæ*, l'auteur désignait des sacs glutineux remplis de grains de fécule, sacs qu'il a figurés d'après les pois et autres farineux, fig. 11 et suivantes, et que j'ai figurés à mon tour sur la pl. 6, fig. 19. Mais il n'y trouve pas même un grain affaissé en gâteau.

(*) *Epist. physiolog.*, ep. 26, pag. 247.

Je ne perdrai pas mon temps à faire ressortir la nullité des preuves, par lesquelles l'auteur admettait que les granules, qu'il observait dans les excréments, étaient identiques avec ceux qu'il avait observés dans la farine; je ne hasarderai pas la supposition infiniment probable que les sacs, qu'il retrouvait dans les excréments, pouvaient bien être des fragments de la muqueuse des intestins ou de tout autre organe; car la farine des céréales ne se désagrége pas, comme celle du pois, en sacs semblables. Il me suffit d'avoir prouvé que jamais il n'est venu dans l'esprit de Leeuwenhoeck de rencontrer, dans les intestins, rien d'analogue à l'organe qu'il n'avait jamais soupçonné, et que nous avons appelé *tégument* de la fécule (908).

Leeuwenhoeck était tellement éloigné de penser que chaque grain renfermât une substance soluble, qui seule eût été nutritive, qu'il ne sait comment expliquer le passage de ces globules farineux, dans le corps des animaux par la nutrition. *Nec satis capiebam quâ ratione tantum farinæ transire potuisset in corpus gallinarum, quæ omnino erant adultæ.*

6° Voilà donc à quoi se réduit cette citation annoncée avec une espèce de solennité à l'Institut, et reproduite sur parole par les feuilles périodiques. Leeuwenhoeck a vu les globules de la farine, et non de la fécule; il les a vus, comme il avait vu les globules du sang.

Il a présumé que chaque globule de farine était revêtu d'une écorce, comme le grain de froment, et que cette écorce était perforée par un canal; il a pensé que, dans l'eau chaude, chacun de ces globules ne faisait que s'affaisser en forme de gâteau.

Mais supposez maintenant que je me fusse présenté au public avec de pareilles observations, et que, voulant en faire l'application à la chimie, j'eusse avancé, sans autre preuve, que ces globules de la farine étaient de l'amidon, comment m'aurait-on accueilli? On ne se serait pas fâché, mais on au-

rait ri; et en vérité cela n'eût pas mérité un accueil plus sévère.

968. C'est là ce que nous disions dans la première édition de cet ouvrage; nous ne l'aurions pas reproduit dans celle-ci, si ces messieurs avaient reçu ordre de se rendre à l'évidence, et de nous dispenser de leur donner cette petite leçon de latinité. Mais tel n'est pas encore leur bon plaisir. Bénévole lecteur, prenez-vous-en de notre prolixité à la docte Académie; et passons à d'autres réfutations, moins philologiques, mais non moins curieuses.

2° *Dextrine et Diastase.*

969. Nous réunissons dans le même chapitre, deux substances pseudonymes d'une nature différente, parce qu'elles ont une communauté d'origine et de date qui ne permet point à la philosophie de la science de les séparer; l'histoire de l'une s'enchevêtre dans l'histoire de l'autre, tellement que la réfutation ne saurait en scinder les rapports, sans se jeter dans la confusion des réticences ou des doubles emplois. L'importance de ces deux créations nominales est toute académique et toute officielle; c'est la seule considération qui les recommande à notre attention et qui en motive la critique. S'il n'existait pas une Académie des sciences constituée comme la nôtre, il est certain que jamais auteur, quelque ordre impérieux qu'il en eût reçu, n'aurait osé, à chaque séance hebdomadaire, se jouer de la science, de la raison, et de l'attention des auditeurs, par les lectures les plus contradictoires, et les moins sérieuses; on n'aurait pas vu un membre de l'assemblée, commerçant peu heureux dans l'exploitation d'un établissement particulier de teinture, recommander en séance académique à l'industrie et aux capitalistes, une invention qui n'avait de nouveau que le nom, et que le prétendu inventeur se gardait bien d'exploiter pour son propre compte. Nos réflexions sont sévères sans doute;

mais on ne manquera pas d'en reconnaître la justesse, après avoir lu nos explications. Quand les académies se mêleront de charlatanisme industriel, force sera bien à nous de ne pas nous attaquer seulement au charlatanisme scientifique (*).

970. Le déluge des lectures amylacées commença par une note de Biot, note qui avait le mérite de révéler un fait nouveau, un caractère d'un nouveau genre, auquel l'auteur eut le tort de donner un nom nouveau. Lorsqu'un rayon de lumière polarisée par sa réflexion sur un miroir, passe à travers un tube de verre plein d'un certain liquide, et qu'on le regarde à travers une plaque de tourmaline perpendiculaire au rayon, on trouve qu'il est devié à droite ou à gauche de la direction qu'il suivait, quand le tube était vide de liquide; on dit alors que le liquide fait tourner, soit à gauche, soit à droite, le plan de polarisation. La déviation soit à gauche, soit à droite, augmente avec la densité du liquide et l'épaisseur de son volume. C'est cette propriété reconnue d'abord par Biot, dans le quartz, qui reçut de lui le nom de *polarisation par rotation*, et de Fresnel celui de *polarisation circulaire*. Biot, dans une nouvelle série de recherches, dont l'application date principalement du 7 janvier 1833, ayant soumis aux expériences de polarisation circulaire les divers sucs des végétaux, trouva que la *substance soluble* de la fécule obtenue par nos procédés (909), déviait à droite le rayon polarisé, mais avec une intensité triple de celle du sucre, et inférieure seulement à celle du cristal de roche. Dès ce moment, il se crut autorisé à nommer *dextrine*, la substance soluble que nous avions découverte dans la fécule, et à la-

(*) Voyez au reste à ce sujet le *National* du 21 octobre 1833 ; et le *Bulletin scientifique et industriel du Réformateur*, n° 8, col. 1 ; n° 21, col. 2 ; n° 28, col. 2 ; n° 90, col 7 ; n° 97, col 5 ; n° 104, col. 1. — Après ce tapage académique, tout finit devant un mot qui n'est pas parlementaire, nous l'accordons ; car il dit tout sans périphrase : c'est celui d'*embrouilleurs officiels*.

quelle nous avions donné le nom de *substance soluble de la fécule*, ou celui de *gomme* de la fécule. Il n'entre pas dans nos goûts de soutenir qu'un mot est préférable à un autre, pour désigner une substance nouvelle; le sens de l'ouïe a ses exigences, comme tous les autres sens, et les terminaisons argentines sont, en général, celles qui flattent le plus agréablement l'oreille. Nous ne défendrons pas ici les expressions qui indiquent une analogie, contre celles dont le mérite est tout entier dans l'euphémisme. Nous nous permettrons seulement de faire remarquer que, si jamais il se rencontre dans la nature organisée, un suc qui détourne le rayon polarisé plus à droite que ne le fait la *gomme de la fécule*, on sera forcé de dépouiller cette dernière substance de son joli nom, pour en affubler l'autre; à moins qu'on ait la ressource alors des *hypo* et *hyper*, dont on se sert en nomenclature chimique, et qu'on ne dise *hypodextrine* et *hyperdextrine*, comme on dit *hyposulfurique*, *hyperchlorique*. Or, qui oserait établir que cette substance *hyperdextrine* ne se rencontre pas un jour? La théorie cosmogonique de Cuvier est une assez bonne leçon, pour ceux qui font ainsi en histoire naturelle, leur *siége d'avance*. Nous ne dirons pas plus longuement toutes ces choses : mais nous signalerons, avec plus d'importance, le grave inconvénient qu'offre en philosophie chimique, la création d'un mot, fondée sur le plus ou le moins d'intensité d'un caractère, qui convient à une foule de substances des trois règnes, quoique l'auteur n'ait examiné aucune substance du règne animal. S'il y avait une si grande nécessité, ou une si haute convenance de changer le nom d'une substance, il fallait trouver un nom qui exprimât un rapport naturel.

971. Le mauvais exemple venu de si haut, ne tarda pas à porter ses fruits; et la *dextrine* enfanta, en trois ou quatre séances, l'*amidone*, l'*amidon* grand A, l'*amidon* grand B, l'*amidon* petit *a*, l'*amidon* petit *b*, l'*empois* au maximum, l'*amidin*, l'*amidine*, l'*amidin tégumentaire* etc., etc.; et l'on vit les illustres de la société savante se partager un instant

entre ces dénominations, Dumas prenant parti pour l'*amidone* grand A et le grand B de Payen, son habile protégé, Chevreul pour l'*amidine* et l'*amidin* de Guérin son élève; et Biot cherchant à reconnaître et à maintenir en son rang sa *dextrine*, au milieu de tant d'appellations rivales. L'étiquette de l'Académie des sciences ne permet à l'amour-propre offensé que l'arme des œillades, et la riposte écrite; mais la société philomatique est le champ clos où se vident ces différends. C'est là que tous les *amidons* se trouvèrent en présence, dans la séance qui suivit celle du 5 mai 1835 de l'Académie des sciences (*). Que les champions se soient compris ou se soient fait comprendre par l'auditoire, c'est à ceux qui liront le compte-rendu de ces débats à prononcer. Voici, pour nous, ce qui nous a paru de plus intelligible. « Vous avez » tort, s'écriait Payen, de dire que le *sirop de dextrine* est » une denrée de mauvaise qualité. M. Dumas en a présenté un » échantillon très beau à l'Institut; MM. Thénard, Sylvestre, » Darcet, Chevreul, Clément, ont reconnu au sirop fabriqué » par MM. Fouchard les mêmes caractères que M. Dumas. » MM. Serres et Magendie ont trouvé que le sirop de dextrine » remplace avantageusement les sirops mucilagineux. M. Gendrin a également trouvé dans ce sirop, les qualités mucila» gineuses qui devaient adoucir la limonade sulfurique em» ployée avec succès contre les coliques de plomb. La propriété » hygrométrique du sirop de dextrine permet de l'employer » dans la confection des rouleaux d'imprimerie, l'encollage » des feutres, etc. Il remplace avec économie, dans la plupart » de leurs emplois, les plus belles mélasses de canne, notam» ment dans la fabrication des cirages, la préparation des » pains d'épice et de quelques pâtisseries, toutes applications, » pour lesquelles la substance gommeuse (amidone dissoute » ou dextrine), n'est pas moins utilisée que le sucre. C'est la » dextrine qui donne à la bière la saveur légèrement mucila-

(*) Voyez le *Journal de chimie médicale*, tom. Ier, 2e série, p. 281-291.

» gineuse qu'on désire dans cette boisson; et l'on confectionne, » avec les *sirops incolores de MM. Fouchard*, les plus agréa» bles bières blanches qui aient jamais été préparées dans » Paris; il est très probable qu'on l'utilisera dans diverses pré» parations alimentaires, telles que les chocolats, qui seraient » ainsi plus légers, d'une saveur plus agréable, et ne présen» teraient pas cette consistance visqueuse que donne la farine. » Dans la boulangerie de luxe, l'emploi du sirop de dextrine a » son utilité qui est constatée par la confection même, et le » placement de 5 à 600 pains de cette sorte chez M. Mou» chot. » A ces mots, que nous transcrivons du *Journal de Chimie médicale*, dont Payen était un des collaborateurs et tionnaires, et que nous transcrivons avec la fidélité d'un courtier d'annonces, à ces mots un mauvais plaisant s'écria: « Dans un journal politique, ce *puff* vaudrait plus de mille francs. »

972. « Enfin, reprit Payen après cette interruption malen» contreuse, malgré tant d'applications considérées comme » utiles par plusieurs savants, par d'habiles manufacturiers et » un grand nombre de commerçants, il n'est plus douteux » qu'on ne pût retarder l'extension jusqu'ici rapide de ces in» dustries, en essayant de jeter de la défaveur sur ces pro» duits nouveaux; tant il est difficile D'ÉDIFIER, et facile de » DÉMOLIR, sur un terrain sans cesse ébranlé par une activité » scientifique et industrielle toujours croissante. » Voilà le mot de l'énigme; ne nous en occupons plus sous ce rapport; et cherchons à nous faire une idée exacte de la filière, par laquelle ces savants industriels ont passé, pour arriver à ce feu roulant de découvertes si importantes, si contestées, et si polyglottes. Nous demandons pardon au pays, de ne pouvoir traiter sans rire un sujet scientifique; tout en faisant observer que la faute en est en grande partie au pays lui-même. Nous allons prendre notre sérieux, mais nous ne répondons pas d'être laconique; nous avons à réfuter plus que des erreurs; il nous faut attaquer des annonces.

973. Qu'est-ce que la DEXTRINE de Biot?

C'est la *substance soluble* (909) de la fécule, isolée de ses téguments; c'est la *substance gommeuse* la plus pure, à laquelle l'auteur a cru devoir donner ce nom, parce qu'elle tournait à droite le rayon polarisé, et cela avec une intensité plus forte que celle des sucs végétaux examinés par lui, mais inférieure à celle du cristal de roche. La DEXTRINE, en passant par les mains de Payen et Persoz, a conservé la pureté de son nom, mais non celle de sa nature; elle n'est dextrine que de nom et d'origine; on en jugera par les détails dans lesquels nous allons entrer, au sujet de la diastase.

974. Qu'est-ce que la DIASTASE?

C'est un aussi joli mot que la DEXTRINE; mais il a le malheur de venir du grec, et de signifier actuellement tout le contraire de son étymologie; en voici la raison: quand un membre ou un protégé de l'Académie des sciences désire imposer un nom grec à une substance, il s'adresse à un membre de l'Académie des inscriptions, qui lui coupe un mot grec, sur la taille de la découverte qu'on lui explique. Mais comme, pour faire choix d'un mot, il est nécessaire de connaître parfaitement la chose, et que le philologue ne connaît rien à la substance du chimiste, il se trouve que les mots grecs imposés par les savants, se distinguent par une bizarrerie toute particulière, et que, lorsqu'on désire remonter à leur étymologie, on constate qu'ils signifient tout le contraire de la définition. La DIASTASE n'a pas été plus heureuse, sous ce rapport, que L'ENDOSMOSE (808). Διαστασις signifie division, séparation; et en chirurgie, DIASTASE signifie luxation. La DIASTASE chimique doit donc être une substance qui divise, qui sépare, qui opère une luxation, une désarticulation. Or, d'après Payen et Persoz, dans leurs premières lectures (8 avril 1833), c'est sur l'amidon que la diastase exerçait cette puissance de division, qui ailleurs se nomme LUXATION. La diastase avait la propriété de faire éclater les téguments de la fécule,

par l'élévation de température, et d'opérer le départ des téguments. Le 8 avril, les auteurs annoncèrent dans une lettre, qu'ils avaient eu le bonheur d'isoler cette substance, qui possédait à leurs yeux la rare propriété de faire crever les enveloppes de la fécule, et d'opérer le départ des téguments.

« Cette substance, disent ils dans leur lettre à l'Institut (*), » contient d'autant moins d'azote, qu'elle approche le plus de » l'état de pureté, et possède d'ailleurs les propriétés suivan- » tes : elle est solide, blanche, insoluble dans l'alcool, solu- » ble dans l'eau; sa dissolution est neutre et sa saveur mar- » quée ; elle n'est point troublée par le sous-acétate de plomb ; » abandonnée à elle-même, elle s'altère en peu de temps et » devient acide; chauffée à 65 ou 70° cent., avec la fécule, » elle possède le POUVOIR REMARQUABLE d'en rompre instanta- » nément les enveloppes, et de mettre en liberté la dextrine, » qui se dissout facilement dans l'eau, tandis que les tégu- » ments insolubles dans ce liquide, surnagent ou se précipi- » tent, suivant la densité de la liqueur. L'opération convena- » blement ménagée donne la DEXTRINE PURE; aussi, lui » retrouve-t-on éminemment le grand pouvoir de rotation qui » la caractérise, et qu'on n'obtient à degré égal par aucun » autre procédé. Toutefois, la solution de diastase, en présence » de la dextrine, peut convertir en sucre cette dernière sub- » stance, pourvu que la température ne s'élève pas, durant » leur contact, au-dessus de 70 à 75° cent.; car si on la » chauffe jusqu'à l'ébullition, on perd la faculté d'agir sur la » fécule et la dextrine. Ces caractères suffisent pour faire » concevoir le procédé par lequel on l'a obtenue.

» La diastase existe dans les semences d'orge et de blé » germés, dans les germes de pomme de terre, où elle est » toujours accompagnée d'une substance azotée, qui, » comme elle, est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool,

(*) *Journal de chimie médicale*, tom. IX, pag. 358, 1833. Note communiquée par les auteurs.

» mais qui en diffère par la propriété qu'elle a de se coagu-
» ler par la chaleur, de ne point agir sur la fécule, et d'être
» précipitée de ses dissolutions par le sous-acétate de plomb.

« La diastase s'extrait de l'orge germée, par le procédé
» suivant : une partie d'orge est réduite en poudre, et dé-
» layée dans deux parties et demie d'eau distillée. Après avoir
» fait macérer pendant quelques instants ce mélange, on le
» jette ensuite sur un filtre. Le liquide qui en provient est
» chauffé dans un bain-marie à 65°; cette température suffit
» pour en coaguler la matière azotée, qu'on sépare par une
» nouvelle filtration. Le liquide alors ne renferme plus que le
» principe actif, et une quantité de sucre en rapport avec les
» progrès de la germination. Pour séparer ce dernier, on
» verse de l'alcool dans la liqueur; la diastase, qui, par le fait
» de cette addition, cesse d'y être soluble, se dépose sous
» forme de flocons que l'on recueille, et qu'on dessèche à une
» douce chaleur. On peut, pour l'obtenir plus pure encore,
» la dissoudre de nouveau dans l'eau, et la précipiter une se-
» conde fois par l'alcool.

» Pour préparer la dextrine et les liqueurs sucrées, on fait
» usage d'orge germée, dans la proportion de 5 à 10 pour o/o
» de fécule. Quand il s'agit d'obtenir du sucre, on soutient la
» température au degré où l'action se prolonge; pour avoir de
» la dextrine, on pousse au terme de l'ébullition, qui fait ces-
» ser toute réaction. »

975. Nous avons pris soin de transcrire textuellement, afin de n'être pas exposé à mettre en saillie, sans le vouloir, tout ce que cette annonce renfermait de plus curieux, et qui méritait le mieux la prime officielle. Discutons maintenant la valeur de la découverte.

La diastase de Payen et Persoz se distingue par deux propriétés nouvelles dans la science, et extrêmement remarquable d'après eux : la première, qui est de faire crever la fécule et d'opérer le départ des téguments; la deuxième, qui est de saccharifier la fécule. Or, malheureusement, la première pro-

priété lui est commune avec l'eau la plus pure; en effet, si on élève la température de l'eau à 65 ou 70° cent. et qu'on y projette une quantité peu considérable de fécule de pomme de terre, les grains éclatent, la substance soluble et gommeuse se répand et se dissout dans le liquide, les téguments s'étendent en se vidant. Si l'on abandonne alors au repos ce mélange, en moins d'une demi-heure tous les téguments se précipitent au fond du vase; le liquide qui tient la substance gommeuse en dissolution redevient limpide comme l'eau pure; et, par la décantation, on obtient séparément les deux substances. Une goutte d'eau jetée dans le mélange avant son entier refroidissement, abrège de beaucoup la durée de la précipitation des téguments. Il est évident donc que cet effet appartient en propre à l'eau elle-même, et qu'il se reproduira, que cette eau soit pure ou tenant en dissolution d'autres substances. La diastase n'entre donc pour rien dans ce phénomène; il paraît seulement que les auteurs de la découverte l'aperçurent pour la première fois, en mêlant l'amidon à une solution de leur diastase, et que, comme ils étaient pressés de lire leur note, ils n'eurent ni le temps ni la pensée de se livrer à des contre-épreuves, dont ils étaient sûrs d'avance au reste qu'à l'Institut, ils n'auraient pas besoin.

976. La seconde propriété, qui consiste à saccharifier la fécule est fort intéressante; elle est incontestable; mais malheureusement elle n'est rien moins que nouvelle. Elle revient de droit et sans modification aucune, sous le rapport industriel, à ceux qui ont inventé et perfectionné l'art de fabriquer la bière, et, sous le rapport scientifique, à Kirchoff, qui démontra, par les expériences les plus variées, l'influence qu'exercent, non seulement les substances glutineuses, mais encore, en toutes lettres, la solution du *malt* d'orge, c'est-à-dire de l'orge germée, sur la saccharification de la fécule. C'est cette découverte qui a donné lieu aux distilleries de fécule; l'on savait fort bien, depuis cette époque, que la fécule mêlée au gluten ou aux substances analogues était susceptible

de donner un excellent sirop, et par une seconde fermentation, de l'alcool que l'on verse dans le commerce; et les capitalistes, à qui l'on a vendu le brevet d'invention de Payen et Persoz, auraient pu arguer contre les vendeurs du sirop de dextrine, de l'article de la loi qui fait rentrer dans le domaine public, toute découverte publiée préalablement dans les journaux ou dans les livres de science.

977. Les nouveaux inventeurs n'auraient certainement pas manqué de répondre que leur diastase différait du gluten en ce qu'elle est soluble dans l'eau, tandis que le gluten est insoluble. Ceci demande une explication qui nous obligera d'anticiper sur les développements, dans lesquels nous serons forcé d'entrer, en nous occupant de l'histoire du gluten; mais cette objection, si elle était fondée, ne leur conférerait nullement le droit de la priorité; elle les justifierait encore moins du plagiat.

978. Le gluten est insoluble dans l'eau pure, mais il est soluble en une certaine quantité dans l'eau saturée d'un acide ou d'ammoniaque; or, dans la nature organisée si féconde en produits acides ou ammoniacaux, le gluten doit se présenter souvent sous cette forme soluble, et il n'a pu échapper à d'antérieures observations. Aussi, avant de se nommer *diastase*, avait-il reçu le nom de *gluten soluble* ou proprement dit, de la part d'Einhof et Berzélius, celui de *zimome* de la part de Taddeï, celui de *légumine* de la part de Braconnot. Or, c'est principalement dans l'orge germée que le gluten subit cette apparente et trompeuse métamorphose. En effet, nous avons démontré en 1826 et 1827 (*),

(*) Mémoire sur l'*hordéine* et le *gluten*, pag. 23, lu à l'Académie des Sciences, le 3 juillet 1826, et imprimé, en 1827, dans les *Mém. du Muséum d'hist. nat.*, tom. XVI. — *Mém. sur les tissus organiques*, 2e partie, § 55, lu le 21 juillet 1826 à la Société d'histoire naturelle et à la Société philomatique, et imprimé, en 1827, dans le tom. III des *Mém. de la Société d'hist. nat. de Paris*. — Notre idée se trouve textuellement reproduite par Becquerel en 1833 (*Annales de chimie et de physique*, tom. 52,

que dès que la graine germe, il se produit un acide énergique, qui est de l'acide acétique, et que dès lors le gluten perd sa consistance et que le périsperme féculent devient laiteux ; qu'il se compose peu à peu de gluten dissous dans l'acide et de téguments vides de substance soluble. Le résultat de l'action du gluten sur la fécule du périsperme est de la transformer en sucre, puis celui-ci en alcool, puis celui-ci en acide acétique. Les brasseurs arrêtent la fermentation aux deux premières phases. Ils font germer les grains d'orge jusqu'à ce que la plumule ait atteint un peu plus de la longueur du grain ; ils dessèchent alors les grains, les réduisent en farine, qu'ils font dissoudre dans l'eau chaude. Cette farine se nomme le *malt* ; et la dissolution, dont les brasseurs connaissaient, avant cette pompeuse annonce, les propriétés saccharifiantes, c'est la *diastase*, la *zimome*, la *légumine*, etc.

979. Mais cette dissolution ne renferme rien moins qu'une substance immédiate et pure de tout mélange ; et le gluten dissous par l'acide acétique y est associé à l'huile également soluble dans le même acide, à la gomme, au sucre, solubles dans l'eau, enfin, à tous les sels qui abondent dans les graines farineuses. La diastase de ces messieurs n'est donc qu'un mélange plus variable et plus compliqué de sucre, de gomme, de substance soluble de fécule, d'huile, de sels, et enfin de gluten, à qui appartient spécialement la propriété saccharifiante. Quand donc ces auteurs cherchent à produire du sucre par leur diastase, ils ajoutent de trop la fécule ; car l'orge germée en possède, il nous semble assez, sans y en ajouter de la pomme de terre ; et au lieu d'annoncer qu'ils

pag. 258). Colin et Edwards ont annoncé à l'Académie des Sciences (1er avril 1833), qu'ils s'étaient rencontrés en ce point, avec Becquerel. Il n'est pas permis aux membres ou aspirants de l'Institut d'avouer qu'ils se sont rencontrés avec des hommes hostiles. Nous nous souvenons, de notre côté, qu'en lisant, sept ans auparavant, nos deux mémoires ci-dessus cités, nous nous rencontrions, nous aussi, mais seulement face à face, avec ces trois auteurs, à la Société philomatique.

allaient faire du sucre avec de la pomme de terre et du *malt* de bière, ils auraient dû se contenter d'extraire le sucre tout formé d'avance, et sans leur concours, dans le *malt* des brasseurs. Quelle singulière idée que d'ajouter de la fécule de pomme de terre à la farine des céréales, comme si celle-ci n'avait pas assez de son amidon! C'est pourtant là de la haute chimie appliquée aux arts et à l'industrie, aux yeux des académiciens commerçants (806), qui veulent RELÉGUER dans le domaine de la physiologie, l'histoire des substances qui ne sont que des organes ou des débris d'organes! etc.

980. On nous dispensera, sans aucun doute, de discuter le procédé par lequel ces messieurs croient obtenir la diastase pure, et le procédé plus curieux encore, par lequel ils pensent isoler la dextrine, par la diastase, bien plus purement que par l'eau pure. Tout ceci dépasserait trop la plaisanterie. Nous n'ajouterons pas que nous avons eu l'occasion d'examiner leur prétendue diastase solide qu'ils disent blanche; elle était noire comme du jayet, et recroquevillée comme de la colle de gélatine. Depuis dix ans nous élevons la voix, pour prémunir la chimie organique, contre les illusions des mélanges naturels; nous étions bien loin de nous attendre à la voir nous répondre, en opérant elle-même des mélanges, afin de se ménager le plaisir de les donner comme des substances pures. Honneur à la chimie académique! elle a un procédé particulier pour avancer!

L'Académie des sciences, et cela par une raison qui n'est pas de la compétence de cet ouvrage, l'Académie des sciences avait accueilli avec trop de faveur la lecture de ces inconcevables idées, pour que les auteurs s'arrêtassent tout court dans une voie qui conduisait, par une pente si douce, à la gloire et au profit. Les productions de cette force affluèrent tous les huit jours au bureau du président; la complaisance obligée de la docte assemblée s'épuisa à la peine; des mauvais plaisants proposèrent de nommer une commission spéciale pour étudier ce *choléra* d'improvisations amylacées,

maladie qui affectait des caractères si variables et si fugitifs, et des colorations qui passaient, comme par un trait de plume, de la *cyanose* au blanc le plus pur; et les auteurs de ces variations épidémiques ne se rendirent au vœu de l'Académie, que lorsqu'ils s'aperçurent, au silence qui régnait autour d'eux, que chacun des assistants s'était bouché les oreilles. En vérité, il était temps que ce manége cessât; sans quoi, un volume ne nous aurait pas suffi à expliquer à nos lecteurs comment il se faisait que nous avions fini, à force d'approfondir les élucubrations de ces messieurs, par les comprendre aussi peu qu'ils se comprenaient eux-mêmes; ce à quoi du reste, ils ne paraissaient pas essentiellement obligés par le programme. Nous tâcherons de mettre un peu de clarté dans l'exposition des doctrines que nous sommes condamné à réfuter, en continuant à procéder par demandes et par réponses.

981. D. Qu'est-ce que L'AMIDINE de Guérin?

R. C'est la *substance soluble*, que nous avons découverte dans la fécule, que nous avions désignée sous le nom de *substance gommeuse*, à laquelle Biot a cru devoir donner le nom de *dextrine* (970) (*), nom que Payen et Persoz conservèrent à la substance soluble altérée par le *malt* de bière, qu'ils abandonnèrent ensuite après avertissement, pour celui d'*amidone*. Saussure avait donné le nom D'AMIDINE au précipité que nous avons démontré n'être composé que de téguments (959); ainsi la science possède aujourd'hui un mot qui signifie deux choses différentes; elle en possède trois qui signifient la même chose. La partie de la science qui enregistre

(*) Guérin a cru trouver une différence entre son *amidine* et la *dextrine* de Biot, en ce que son amidine ne fermente pas avec le *malt d'orge germé* (*diastase* de ses rivaux). Guérin n'a sans doute pas employé assez de substance soluble, ou il l'aura altérée en l'isolant, ce qui est très facile. La substance soluble de la fécule fermente tout aussi bien que l'empois en contact avec toutes les espèces de gluten.

avec une religieuse sollicitude ces créations nominales, à côté du nom de leur créateur, se nomme synonymie : espèce de cimetière où chaque fosse à part a du moins sa croix et son épitaphe.

982. D. Quels motifs avaient les créateurs de ces locutions, pour préférer leur expression à l'expression précédente?

R. Le motif de voir leur nom survivre à leurs communications académiques, et venir se placer sous la plume même qui se chargerait de les biffer. Mais pourquoi alors remplacer la terminaison *ine* par la terminaison *one*? Ces messieurs ne nous ont pas révélé ce secret.

983. D. Qu'est-ce que L'AMIDIN TÉGUMENTAIRE de Guérin?

R. C'est l'assemblage des enveloppes de la fécule, que nous avions désignées sous le nom de *téguments*. Pourquoi *amidin* plutôt que *amidine?* L'épithète, en fait de nomenclature, indique une différence, le nom substantif indiquant une ressemblance; la première est un nom spécifique, mais le substantif est un nom générique; si votre genre ne renferme point d'espèces, pourquoi un nom spécifique? pourquoi donc ne pas appeler l'un *amidin* et l'autre *amidine?* Nous sommes loin de prendre parti pour l'*in* ou l'*ine*, nous n'y tenons aucunement; nous voudrions seulement faire comprendre à ceux qui ont le privilége classique de bouleverser les nomenclatures, qu'il faut, du moins en cela, procéder d'après des règles que le public soit en état d'apprécier.

984. D. Qu'est-ce que L'AMIDIN SOLUBLE de Guérin?

R. C'est, d'après lui, L'AMIDIN TÉGUMENTAIRE même (tégument), que l'amidine tiendrait en dissolution, et qui, d'après le même auteur, serait identique, sous tous les rapports, avec l'amidin tégumentaire. Ainsi voilà encore deux substances qui sont identiques et différentes; voilà une substance qui change de nom, selon qu'elle est dissoute ou indissoute. L'auteur a certainement admis par supposition ce qu'il avance comme

une certitude, car rien n'est moins soluble que la substance tégumentaire de l'amidon; les téguments montent en suspension dans l'eau et y restent suspendus d'autant plus long-temps, qu'ils ont été plus divisés et déchirés par l'élévation de température et la durée de l'ébullition. Si l'on ne tient pas rigoureusement compte des caractères différentiels que nous avons assignés à la dissolution et à la suspension (957), on sera exposé à perdre de vue une masse de téguments qui existerait dans une solution amylacée. Outre les téguments, nous ferons mention (1003) d'un tissu cellulaire intérieur au grain de fécule, tissu bien plus ténu encore que les téguments, bien plus susceptible d'échapper à la vue, parce qu'il trouble moins la transparence du liquide, et qu'il reste encore plus long-temps en suspension que ceux-ci. C'est ce tissu qui tombe en flocons, après que les téguments se sont précipités sous forme presque pulvérulente. Lui donner un nom spécial, ce serait vouloir établir une distinction nominale entre un tissu jeune et un tissu plus âgé, entre la membrane qui commence et la membrane qui vieillit, entre le tissu extérieur et le tissu intérieur. La mémoire ne suffirait plus à cette nomenclature intarissable. L'AMIDIN SOLUBLE est donc un mot qui ne s'applique à rien; c'est un double emploi de la même substance. Voilà à nos yeux une des meilleures preuves, que les protégés académiques ont procédé à l'étude de ces substances délicates, sans avoir pris soin de se faire la moindre idée exacte de l'histoire de leur développement; et nous serions tenté de croire que tout ce travail a été rédigé plutôt sur la table du cabinet que dans le laboratoire.

985. *D.* Quels sont les caractères distinctifs assignés à ces trois substances par leur inventeur?

R. Voici les seuls qui méritent une réfutation sérieuse:

1° L'amidon renfermerait:

Amidon tégumentaire,	2,96
Partie soluble dans l'eau,	97,04
	100,00

c'est-à-dire trois sur cent de téguments. C'est une grossière erreur, mais une erreur dont les pesées sont peu en état de rendre raison; car il est impossible à nos procédés actuels d'isoler complétement, et de la manière que l'exige une analyse élémentaire, les téguments, de toute la substance soluble qu'ils recélaient à l'état de leur intégrité. En effet, si vous ne poussez pas assez loin la durée de l'ébullition dans l'eau, si l'eau se trouve en trop faible proportion, la substance soluble ne sort qu'en partie du tégument. Si vous remplissez les deux premières conditions, vous divisez les téguments en parcelles susceptibles de rester très long-temps en suspension dans la partie soluble; en sorte que, dans ce cas, vous aurez un précipité tégumentaire moindre que dans le premier, et que, dans le premier, vous aurez un poids de téguments dont le raisonnement devra défalquer une quantité considérable de substance soluble. Nous déclarons que jamais aucun expérimentateur ne pourra se rencontrer avec les nombres ci-dessus, et que les différences entre les nombres de chaque expérience seront dans les dizaines; que la proportion enfin en poids des téguments isolés sera d'autant moindre que le précipité aura été amené, par l'ébullition prolongée, à un plus grand état de pureté. Les auteurs de ces sortes de nombres n'ont pas manqué, dans le cours de leur curieuse polémique, de nous fournir la preuve de la justesse de nos prévisions; car bientôt nous voyons Guérin avancer, sans se souvenir sans doute de son premier chiffre, que la substance tégumentaire forme les 22 millièmes de l'amidon, et Payen, à qui les chiffres ne coûtent jamais qu'un trait de plume, assurer hardiment que le tégument forme les 4 à 5 millièmes (*choisissez, s'il vous plaît*) du poids de l'amidon. Le microscope seul serait dans le cas d'offrir un moyen d'établir les rapports en volume du tégument avec la partie incluse, si nous possédions des grossissements assez élevés pour mesurer exactement l'épaisseur de l'enveloppe, qui échappe aujourd'hui par sa ténuité à toutes les mesures micrométriques.

Mais alors une autre circonstance s'opposerait encore à l'exactitude du résultat; ce serait l'existence du tissu interne du grain de fécule, qui, avec quelque précaution que l'on procédât, ne manquerait pas de venir grossir le chiffre de la partie soluble, en se confondant avec elle par une identité de pouvoir réfringent. Il est, dans la nature, des rapports que l'on doit se garder d'établir autrement que par la pensée; ce sont les rapports fugitifs du développement organique; ici les nombres les plus exacts ne sauraient avoir de valeur que dans une fraction de temps incommensurable; car au moment où le chimiste achève sa lecture académique, la nature a déjà progressé d'un pas de plus, et elle n'a plus les traits que l'on vient de décrire.

2° L'analyse élémentaire, que l'auteur assure avoir bien faite, de chacune de ces substances, lui a donné les nombres suivants :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.
Amidine	39,72?	7,13	53,15?
Amidin	52,74	6,59	40,67
Amidin tégumentaire	53,64	6,26	40,67

Ces nombres, sur le papier, figurent avec une certaine assurance; mais si l'on se rappelle les résultats obtenus par Prout (803) sur le même amidon plus ou moins desséché, on sera tenté de ne voir dans ces différences qu'une différence de dessiccation, l'amidine ayant été soumise à une dessiccation moins prolongée que l'amidin, et l'amidin que l'amidin tégumentaire, deux substances différentes quoique identiques. Ces nombres n'ont rien de vrai; ils ne se présenteront pas deux fois sur mille analyses opérées avec le plus de conscience. Du reste, l'auteur finit par avouer que son amidin tégumentaire n'était pas pur; mais alors pourquoi consigner des nombres dans un mémoire, et surtout dans l'ouvrage classique de chimie élémentaire, que Thénard a enrichi d'un *Essai sur la philosophie chimique?* On a connu, à Paris, deux chimistes fort vantés l'un par l'autre, qui, lorsqu'ils travail-

laient en commun sur un sujet, étalaient devant leurs yeux les travaux les plus récents sur la matière, alignaient les chiffres obtenus par les divers auteurs, en prenaient la moyenne, et la publiaient ensuite comme le résultat de leurs expériences propres; et la science ne perdait certainement rien à enregistrer cette moyenne, qui faisait un aussi joli effet que les nombres précédemment publiés; puis suivait une petite dissertation, pour discuter la valeur des nombres donnés par les uns et par les autres, pour faire voir de quel auteur ils se rapprochaient le plus. Jamais nos illustres aristarques n'ont élevé le moindre doute sur le mérite de ces élucubrations; elles étaient enregistrées immédiatement après la lecture; et Berzélius, au bout de l'année, les consignait dans ses *comptes-rendus*, comme des travaux dignes de figurer à côté des siens. Nous ne dirons pas que les nombres de l'amidine et de l'amidin aient été jetés sur le papier par le même procédé; mais, de quelque coup de dé qu'ils soient sortis, nous invitons les chimistes de l'époque moderne à les considérer comme non avenus, et comme ayant été, même d'après l'aveu de l'auteur, obtenus un peu trop vite. Depuis le procédé de Liébig (269), nous sommes inondés d'analyses élémentaires de ce genre de mérite.

3° Quant aux caractères physiques assignés, par l'auteur, à ces trois prétendues substances, nous n'irons pas perdre notre temps à les énumérer; ceux qui sont vrais, étaient connus amplement depuis notre premier travail; ceux qui sont faux sont par trop légèrement hasardés. Ainsi, d'après l'auteur, l'amidin tégumentaire fournirait un peu plus d'acide oxalique par l'acide nitrique, un peu moins de sucre par l'acide sulfurique, que ne le ferait l'amidine; il faut en vérité être bien sûr de ne pas rencontrer la moindre contradiction académique, pour se permettre de pareilles assertions. Cependant il est une justice à rendre à l'auteur de ces idées, c'est qu'il a du moins procédé par des expériences avant d'annoncer des résultats, c'est qu'il a du moins vu ce qu'il a mal vu, qu'il

'est trompé, mais n'a pas cherché à tromper. Dans ce chapitre nous n'en dirons pas autant de tout le monde; et nous parlerons franchement, afin de délivrer la science de cette peste de travaux de commande, que l'on apporte tous les huit jours à la docte assemblée, que l'on taille, que l'on rogne, que l'on allonge à chaque séance, selon les goûts des patrons. Il faudrait mettre une bonne fois au ban de la science ces esprits, ou serviles, ou mal faits, qui changent d'idées toutes les quinzaines, refont leurs mémoires tous les cinq ans, en ayant pourtant soin d'en conserver la date stéréotypée au frontispice, qui assurent aujourd'hui ce qu'ils ont nié hier, et ce qu'ils renieront demain, et qui, en disant sur tous les sujets le pour et le contre, sont toujours sûrs de pouvoir réclamer la priorité d'un fait démontré. C'est là une plaie hideuse de nos institutions scientifiques, et dont on limite à peine la marche envahissante par deux ou trois cents pages de réfutation.

986. Passons aux découvertes progressives de Payen (*). La plume nous a tombé plus d'une fois des mains, avant de nous décider à écrire la première ligne de ce paragraphe. Comment réfuter, en effet, de pareilles choses? par quel bout les saisir? par où commencer qui ne soit la fin? quelle chose attaquer que l'auteur aussitôt ne rétracte? et comment garder son sérieux, entre Payen invoquant l'autorité de Dumas, et Dumas faisant l'article, en pleine académie, un rouleau du sirop de Payen à la main! Qu'il nous suffise de transcrire ces choses séance par séance; ne cherchons pas à tuer des idées qui se suicident.

« SÉANCE PREMIÈRE. — La DIASTASE (974) fait crever les téguments et les précipite (975) en les séparant de la DEXTRINE (970).

(*) D'abord Payen travaillait en commun avec Persoz, dont il avait, à ce qu'il paraît, la signature scientifique en blanc. Mais ce dernier, après les deux ou trois premières lectures, s'empressa de déclarer publiquement qu'il abandonnait son collègue à sa propre responsabilité, et qu'il ne revendiquait plus rien de ses découvertes ultérieures.

» DEUXIÈME SÉANCE. — La diastase transforme la fécule » en sucre, c'est le *malt d'orge germé* obtenu à l'état de » pureté.

» TROISIÈME SÉANCE (*). — La DEXTRINE (970), obtenue à » l'aide de 0,0005 de diastase, peut être séparée en trois ma- » tières différentes, par plusieurs procédés, dont, disent les au- » teurs, nous ne décrirons que deux. La dextrine sèche, inco- » lore, diaphane, devient opaque dans l'eau froide, devient » opaque en s'hydratant. Jetée sur un filtre, elle y laisse une » matière A, qui, lavée et desséchée à froid, est transparente, » en couches minces. C'est celle dont la présence facilite, » comme celle d'un corps solide interposé, la dessiccation à » froid des deux autres matières; elle s'hydrate, en devenant » opaque dans l'eau. EN CET ÉTAT, elle se dissout dans l'eau à » la température de 65°, tant qu'elle retient des téguments; » elle se précipite par le refroidissement; et la solution DE- » VIENT PLUS OU MOINS OPAQUE, suivant qu'elle est plus ou » moins rapprochée; l'alcool HATE et COMPLÈTE sa précipita- » tion. Pendant la réaction prolongée de la diastase sur la fé- » cule, elle se convertit graduellement en sucre, et enfin la » solution ne se trouble plus en se refroidissant. *Cette der- » nière observation a une grande importance* relativement » à la fabrication de la bière et à quelques autres applications! » La matière A, traitée à la température de 65 à 75° avec l'eau » et la diastase, se convertit ÉGALEMENT en substance sucrée. » La solution aqueuse limpide, obtenue à froid, retient en- » core de la matière A, que l'on sépare, en grande partie, en » alcoolisant le liquide, au point de précipiter un peu de la » matière soluble.

» Alors on filtre, on ajoute de l'alcool à 30°, jusqu'à cessa- » tion du précipité.

» Ce précipité SÉCHÉ, REDISSOUS, donne, par une nouvelle » dessiccation, une matière B COMPLÉTEMENT SOLUBLE A FROID

(*) *Journal de chimie médicale*, tom. IX, pag. 505, 1835.

» DANS L'EAU ET DANS L'ALCOOL FAIBLE, DIFFICILE A SÉCHER, » ET FORTEMENT ADHÉRENTE, TANT QU'ELLE RETIENT UN PEU » D'EAU; INSOLUBLE DANS L'ALCOOL, COLORÉE EN VIOLET PAR » L'IODE, tant qu'elle retient de la matière A. On parvient à » l'en PRIVER COMPLÉTEMENT, en faisant RÉAGIR LA DIASTASE (974) » QUI FORME DU SUCRE; on dissout ce sucre par l'alcool, etc. » La matière B, ainsi purifiée, ne fait plus virer au bleu ni au » violet la nuance de la solution d'iode (961). La solution al- » coolique est distillée et séchée; le résidu redissous et dessé- » ché présente une matière sucrée C, différente de celle que » donne la réaction de l'acide sulfurique sur la fécule, qui » n'est pas colorée sous l'influence de l'iode, qui fermente et » donne de l'alcool sans mauvais goût, qui n'est pas précipitée » par la baryte, tandis que la matière A présente ce der- » nier phénomène, avec des circonstances curieuses, SUR LES- » QUELLES NOUS REVIENDRONS plus tard.

» Ces trois substances, soit ensemble, soit isolément, ou » réduites FACILEMENT à deux, offrent, dans les arts indus- » triels, les NOMBREUSES APPLICATIONS que nous AVONS DÉJA » SIGNALÉES.

» QUATRIÈME SÉANCE (*). — Avant nous (Payen et Persoz), » la théorie de l'empois était inexplicable. Voici la structure » et la composition intime de la fécule mise en évidence, par » nos résultats, et qui s'accordent avec toutes les observations » bien faites!

» Chaque grain entier est enveloppé d'un tégument qui ren- » ferme lui-même la substance A, sèche ou hydratée. Le té- » gument et le tissu intérieur sont perméables (984). EN EFFET, » dans l'air humide la fécule sèche se gonfle! et absorbe plus » de 0,2 d'eau, sans être mouillée à l'extérieur. La solution » d'iode et la diastase traversent aussi ces enveloppes! La fé- » cule chauffée dans l'eau absorbe aussi ce liquide par degrés.

(*) *Journal de chimie médicale, ibid., pag. 569.*

» Sa substance A se gonfle, en s'hydratant de plus en plus, et » fait distendre le tégument. A 65° une partie de cette sub» stance se fait jour au travers des déchirures (911) des enve» loppes, et sort en proportion d'autant plus considérable » que sa viscosité est plus diminuée par une plus grande » quantité d'eau.

» CINQUIÈME SÉANCE (*). — La fécule, par un broyage pro» longé, des lavages et rapprochements successifs, subit une » altération notable ; car ni la portion entraînée, ni les résidus, » ni les trois parties ensemble ne représentent point les pro» priétés de la fécule. Ainsi réunies ou divisées, elles ne don» nent plus les mêmes quantités d'empois, ni la même colo» ration par l'iode. Des réactions nombreuses et CONCORDANTES » ne peuvent laisser le moindre doute sur l'existence de l'ami» dine dans les trois parties de la trituration, comme dans les » trois produits plus altérés de l'ébullition. D'où l'auteur con» clut que l'*amidin* tégumentaire (983) n'existe pas, comme » substance immédiate différente de la fécule, que l'AMIDINE SO» LUBLE n'existe que comme une quantité variable, extraite de » l'intérieur de la fécule ; que l'amidine ne préexiste pas, c'est » un produit de l'altération par l'eau, le broyage ou la tempé» rature.

» SIXIÈME SÉANCE. — Les téguments arrondis et extensibles » de la fécule se composent d'amidone douée de plus de cohé» sion que les parties extérieures plus récemment formées.

» SEPTIÈME SÉANCE (**). — La fécule et l'amidon forment » un principe immédiat organique, dont les couches externes » offrent plus de cohésion et plus de résistance à divers agents » que les couches intérieures, sécrétées PLUS RÉCEMMENT sans » doute. Les couches enveloppantes, épaisses, tenaces, spon» gieuses, constituent les téguments dilatables et contractiles.

(*) *Journal de chimie médicale*, tome Ier, 2e série, page 31.
(**) *Ibid.*, pag. 327.

» qui peuvent ainsi conserver des formes arrondies, en changeant de dimensions... L'amidone, insoluble à froid dans la » fécule et l'amidon, peut CEPENDANT se gonfler, au point de » rompre ses couches enveloppantes. L'amidon tégumentaire ni l'amidon soluble ne présentent pas de grandes différences. Il n'y a pas entre eux isomérie, mais une identité que » dissimulait l'état VARIABLE OU ACCIDENTEL de cohésion ENTRE » LES PARTIES de l'amidone, son altération et les corps étrangers y adhérents. »

987. Nous terminons là, pour reprendre notre sérieux dans les paragraphes suivants. Ces sortes de lectures hebdomadaires seraient devenues interminables, si la presse ne leur avait pas adressé à propos quelques coups de sifflet (969), sans lesquels l'Institut ferait semblant d'écouter encore. Réfuter un pareil verbiage, qui, à chaque séance, avait l'air d'avoir été dicté ou écrit un quart d'heure auparavant sur le coin du bureau, ce serait vraiment porter trop loin encore la déférence et la résignation de la critique. Nous avons copié textuellement les phrases dans le journal de l'auteur; que nos lecteurs les comprennent, s'ils le peuvent!

988. « Dans la séance du 12 janvier 1837, Biot a annoncé qu'en transmettant de la lumière polarisée à travers les globules de fécules de pomme de terre, sur le microscope, les globules, dont la transparence est aussi parfaite que celle du plus pur cristal, exercent une action dépolarisante qui dépend de leur constitution intérieure, laquelle, d'après cela, ne saurait être homogène et uniforme, comme celle d'une goutte d'eau ou de verre fondu à la lampe, mais se montre, au contraire, assujettie à des relations de structure déterminée par l'organisation. L'effet absolu de cette action dépolarisante est moindre dans les plus petits globules que dans les plus gros; dans un même globule, il varie avec l'épaisseur des parties que la lumière traverse, comme aussi avec le sens de

transmission; de sorte que les particularités de la configuration se voient ainsi indiquées et dessinées par les sinuosités correspondantes des lignes lumineuses, précisément comme si le globule était opaque. »

989. Que les grains de fécule soient transparents comme le plus pur cristal, ce n'est certainement pas ce que le procédé de Biot a fait découvrir (885); ce n'est pas non plus une découverte que la structure hétérogène du grain de fécule (896), et que l'existence des rides sinueuses qu'on observe à certains microscopes sur chacun de ces grains (891); si les résultats de Biot établissaient quelque chose, ils ne feraient que confirmer ce qui était établi auparavant, par des moyens plus précis. Mais l'expérience de Biot sur la dépolarisation de la lumière par le grain de fécule, manque de toutes les précautions, dont on a garde de se dispenser dans les expériences en grand. En effet, avant de procéder à l'étude des phénomènes de la polarisation de la lumière, il faut pouvoir mesurer les angles, que fait le rayon lumineux avec les surfaces réfléchissantes ou réfringentes; il faut surtout connaître les rapports de surface des corps réfringents, des facettes d'un cristal, par exemple. Or, ici il n'y a plus possibilité d'établir ces données sur des globules qui s'inclinent au porte-objet par le moindre mouvement, et surtout des globules arrondis de la manière la plus variable et la plus irrégulière. Si, lorsqu'on éclaire ces granulations, par transmission des rayons lumineux, on perd de vue ces diverses circonstances, on sera exposé à voir un effet de double et même triple réfraction, dans le résultat de la réfraction de deux ou trois bosselures de la surface du grain de fécule; d'un autre côté, le grain de fécule, soumis au microscope, ne saurait être assimilé, en fait de réfraction, à un corps réfringent soumis à l'œil nu. Le grain de fécule est une lentille réfringente, dont on étudie la forme avec un système compliqué de lentilles, et par la transmission des rayons lumineux. Or, les rayons qui l'éclairent ne profiteront à la vision microscopique, qu'en tombant

parallèlement les uns aux autres, sur la surface inférieure de la lentille objective; la moindre déviation plongera l'œil de l'observateur dans l'obscurité, en dirigeant hors de l'axe du tube les rayons émergents qui éclairent le grain féculent; en sorte que si, sans déplacer ni le miroir réfracteur, ni le porte-objet, on pouvait amener l'axe du tube dans l'axe du faisceau émergent, on trouverait que la lumière passait librement à travers le grain de fécule, qui, dans la première position du tube, paraissait opaque et tout noir.

Il ne faudrait pas croire que toutes les conditions de l'expérience soient remplies, après avoir disposé le miroir réfracteur (454), de manière à ce que la lumière des nuages passe librement du grain de fécule dans l'axe du microscope. Si ensuite, au lieu d'employer à l'éclairage la lumière naturelle, vous projetez sur le miroir la lumière polarisée, les différences que vous observerez entre la première et la seconde image microscopique, pourront tout aussi bien venir du phénomène de la polarisation, que des angles du rayon incident sur la surface du miroir. Car il est facile d'observer au microscope, ce que la théorie démontre, savoir que les objets s'éclairent ou rentrent dans l'ombre, au plus petit changement de direction du corps lumineux. Or, si, après que j'ai braqué mon miroir sur un nuage, je projette de la lumière polarisée sur la surface de la glace, j'éclairerai nécessairement mon objet dans une toute autre direction; et comment déterminer à nos microscopes l'amplitude de toutes ces inclinaisons, à l'effet d'établir les rapports de la réfraction microscopique avec la réfraction en grand? Ajoutez que l'expérience se complique encore bien davantage, si on fait usage du miroir concave. Ainsi, les faits annoncés par Biot, sont susceptibles d'une explication toute différente; et cet essai d'expériences a été beaucoup trop hâtif, et d'un vol un peu trop hardi au début.

990. Nous terminerons là la critique des opinions qui, à l'époque de l'apparition de notre première édition, se sont

rabattues comme une avalanche, sur la docte assemblée dont nous avons l'honneur de n'être pas l'ami. Nous prions une seconde fois nos lecteurs de nous pardonner le nombre de pages que nous venons de consacrer à la réfutation de pareilles choses; nous les supprimerons à la prochaine édition; mais on ne saurait se dispenser de donner une fois place à des absurdités qui partent de si haut. Nous allons passer à l'étude physiologique des grains de fécule.

§ X. DISPOSITION DES GRAINS DE FÉCULE DANS L'INTÉRIEUR DES CELLULES VÉGÉTALES.—FÉCULE SINGULIÈRE DU *Typha* (*) ET DU *Trapa natans.*

991. On ne trouve les grains de fécule que dans l'intérieur des cellules du tissu cellulaire qui ne sont point tapissées de substance verte. Les vaisseaux, trachées, interstices, les cavités déchirées n'en renferment jamais. La moelle des troncs, le périsperme et les cotylédons des graines sont les organes, dans lesquels on rencontre plus fréquemment cette substance.

992. Il est facile d'observer la configuration des cellules allongées et à facettes, qui renferment la fécule chez les céréales, en coupant longitudinalement, et par tranches extrêmement minces, le périsperme de l'orge. Les tubercules de la pomme de terre, observés par le même procédé, fournissent à l'observation des résultats plus distincts, les cellules hexagonales étant plus rigides que celles des céréales. Si l'on écrase sur le porte-objet, des fragments de pois verts, qu'on aura préalablement soumis à l'ébullition, pendant quelques heures, on en voit toute la substance se déliter pour ainsi dire sous la pression, et se résoudre en grandes cellules pyriformes, allongées, dont les unes sont remplies de grains de fécule (pl. 6, fig. 19 *a*) que l'iode colore en bleu, et dont les autres, qui ont été déchirées par le froissement, sont presque vides

(*) *Bullet. des sciences phys. et chim.* de Férussac, oct. 1827.

ou ne retiennent que des granulations d'un plus petit calibre (*ibid.* *b*). Ces grandes cellules grosses de fécule ont en général $\frac{1}{5}$ de mill. en longueur sur $\frac{1}{10}$ en largeur.

993. Cette circonstance se représente spontanément et d'une manière assez curieuse, lorsqu'on déchire dans l'eau les rhizomes (*) de *Typha* (Massette de nos étangs). On trouve bientôt au fond du vase une couche féculente. Le liquide qui la surmonte est saturé d'une substance gommeuse et mucilagineuse qui, au contact de l'air, prend une teinte d'un rouge tendre (**) ; la fécule, exposée à l'air, contracte aussi, presque instantanément, la même teinte, qu'elle abandonne de nouveau dans l'eau ; l'iode ne la colore que faiblement alors, et cela encore en verdâtre et non en bleu. On ne tarde pas à s'apercevoir, à la température ordinaire, que la fermentation s'établit, par des bouffées, qui amènent, à la surface du liquide, des nuages blancs, qui se désagrègent peu à peu, en retombant dans le fond du vase.

994. Ces granulations féculentes possèdent un calibre assez fort pour être observées à la loupe. Mais à un grossissement

(*) On entend, par *rhizome*, le chaume souterrain qui trace dans la terre ou dans la vase, et qui produit de nouvelles tiges de chacun de ses nœuds. Au mois d'août, on rencontre moins de téguments ligneux pleins de fécule que de téguments vides (*c*) ou à demi pleins (*a*). Au mois d'octobre, on commence à ne plus trouver que des téguments ligneux pleins de fécule ; mais en même temps, on remarque des grains hyalins, oblongs, adhérents aux téguments ligneux, rappelant l'aspect et la configuration des grains ovoïdes de la pomme de terre, ayant les mêmes dimensions que les téguments ligneux, mais ne se colorant pas comme eux par l'iode. Ce sont probablement des cellules jeunes, dans lesquelles doivent se développer les grains de fécule.

(**) Après l'opération de l'extraction de la fécule, il reste entre les mains une filasse blanche, devenant rougeâtre au contact de l'air, et qui est dans le cas de fixer l'attention des économistes ; car deux de ces fils de 12 centim. de long sur un 5e de millim. de diamètre chacun, liés par leurs extrémités et suspendus à une tige de fer, ont supporté, pendant cinq minutes, un poids de près de 4 livres. La longueur de ces filaments dépend de celle des entre-nœuds du rhizome, d'où on les extrait.

supérieur, on obtient l'explication la plus évidente de la cause, qui produit la fermentation et la couleur rougeâtre que contracte cette espèce de fécule au grand air. Car, au lieu de grains ordinaires d'amidon (885), on a alors devant les yeux de grands sacs, ou plutôt de grandes cellules (pl. 6, fig. 17, *a*) plus ou moins remplies de grains arrondis et pressés les uns contre les autres. Un assez grand nombre sont vides de ces grains (*c*). L'iode colore en jaune les grandes vésicules, et en bleu les grains dont elles sont remplies, ce qui à l'œil nu produit la couleur verdâtre (*b*).

995. On a donc alors devant les yeux les cellules elles-mêmes du tissu cellulaire du rhizome, qui se sont isolées nettement par la désagglutination de leurs parois respectives, et qui recèlent dans leur sein, en plus ou moins grand nombre, les grains d'amidon que chacune d'elles a élaborés.

996. Ces téguments ligneux du *typha*, plus ou moins ovales, plus ou moins anguleux et à facettes, ont en général $\frac{1}{7}$ de millimètre en longueur sur $\frac{1}{17}$ en largeur, et $\frac{1}{10}$ sur $\frac{1}{20}$. Les grains de fécules qu'ils recèlent ont de $\frac{1}{130}$ à $\frac{1}{300}$ de millimètre, et ils paraissent sphériques.

997. Par l'ébullition, ces téguments ligneux n'acquièrent pas des proportions plus grandes ; mais l'iode colore alors en bleu toute leur capacité, et l'on ne distingue plus ainsi, dans leur sein, aucun granule intègre ; car chaque grain de fécule y a éclaté, et son tégument s'y est distendu, en sorte que la capacité de la cellule ligneuse s'est trouvée remplie par les téguments et la substance soluble, et elle se colore en entier de cette manière par le moyen de l'iode. Cette coloration n'a pas lieu sur celles des cellules ligneuses, qui, avant l'ébullition, s'étaient montrées vides de grains féculents.

998. On ne se refusera pas, je pense, à croire que, sans le secours du microscope, cette agrégation de cellules féculentes eût formé une nouvelle substance immédiate, qu'on

aurait peut-être décorée du nom de *typhine*, et qui n'eût pas manqué d'être considérée comme bien distincte de toutes les autres fécules, par sa couleur rougeâtre et ligneuse que l'iode colore en verdâtre, par la propriété qu'elle a de fermenter spontanément, et avant toute ébullition, dans l'eau pure, enfin par celle de ne point former d'empois par l'ébullition.

999. Depuis la publication de cette première édition, nous avons eu occasion d'observer un autre genre de fécule encore plus curieuse que celle du *typha*; c'est celle du périsperme du *trapa natans*, vulgairement appelé *châtaigne d'eau*, plante fort commune dans les étangs et mares de Versailles. Dans ce périsperme tout est fécule, mais rien ne s'isole; c'est un tissu cellulaire compacte (pl. 6, fig. 36) qui se colore en bleu par l'iode sur toutes ses membranes. Dans l'intérieur de chacun de ses compartiments cellulaires et hexagonaux, on voit, surtout au moyen d'une lentille de grenat, une agglomération de petits globules indécis, qui s'effacent aux regards par une trop vive lumière. Voilà donc un périsperme qui, par la réaction de l'iode, prend les caractères de la fécule sur les parois des organes cellulaires, qui, chez d'autres végétaux, ne se colorent qu'en jaune par le réactif. L'analogue du gluten est ici de nature féculente.

L'énorme périsperme du *trapa natans* affecte, par la dessiccation, une couleur marron et une consistance analogue à celle de nos belles espèces de blé dur. Les tranches minces qu'on en obtient sont blanches, comme cela a lieu sur les ratissures des fanons de la baleine. Vingt-quatre heures de séjour de ce gros fruit dans l'eau rendent à cet organe toute la blancheur et la friabilité des organes féculents; les cellules hexagonales s'isolent mieux alors, et les granulations intérieures se distinguent avec plus de netteté dans le sein des cellules principales; mais par la dessiccation, le périsperme reprend de nouveau sa couleur marron. La cuisson blanchit cette substance, tout aussi bien que la macération.

§ XI. HILE ET STRUCTURE INTIME DES GRAINS DE FÉCULE.

1000. Il ne faudrait pas croire que les grains de fécule se trouvent disposés au hasard dans l'intérieur des cellules végétales. L'idée seule de leur structure vésiculeuse (896) exclut cette supposition ; et pour se convaincre à cet égard, il n'est besoin que de faire rouler sous se. yeux, par le mouvement du liquide, quelques uns de ces téguments ligneux et isolés (fig. 17) des *rhizomes* de *Typha* (993) ; car on observe alors qu'aucun des granules féculents renfermés et même clair-semés dans l'intérieur de la vésicule, ne se déplace, ne se détache, enfin n'est ballotté par la révolution lente ou rapide du tégument sur lui-même ; ils tiennent étroitement à la paroi du tégument ligneux, même alors que la vésicule a été déchirée, et que la substance gommeuse qu'elle pouvait renfermer a été dissoute dans l'eau.

1001. Or, les grains féculents ne peuvent tenir à une paroi, par un point de leur surface, qu'en supposant que cette adhérence est l'effet de l'organisation même, et non celui de l'agglutination après coup. J'ai appelé ce point d'adhérence le *hile* du grain de fécule. Il est en général impossible d'en apercevoir des traces sur la surface des grains de fécule extraits de la plante, dans leur état d'intégrité ; car ce point est trop exigu et il laisse trop peu de traces sur la surface du grain. Mais on aurait autant de tort d'en nier l'existence, par cela seul qu'on ne peut l'apercevoir, que de nier l'existence du *hile* des ovules d'Orchis et d'Orobanche, par cela seul que, sur d'aussi petits objets, cet organe se soustrait à nos regards.

1002. Cependant il est une occasion favorable pour obtenir la preuve directe de l'existence du *hile* du grain de fécule ; c'est l'époque un peu avancée (dix à quinze jours) de la germination du blé. Si l'on extrait, à cette époque, de la liqueur renfermée sous le péricarpe, on ne manquera pas de

s'assurer que tous les grains de fécule ont éclaté, qu'ils se sont vidés de leur substance soluble; et, comme alors ils sont devenus mous et élastiques, leur *hile* ne casse point d'une manière aussi nette que par les procédés de mouture, et l'on peut l'apercevoir, en imprimant dans l'eau un mouvement de rotation au tégument amylacé. Toutes les fois que le hile arrive sur les côtés de l'image, on l'aperçoit aussi distinctement qu'on le voit dessiné sur l'une des deux *figures* (18, pl. 6).

1003. La même observation révèle un autre fait que je ne puis m'empêcher de croire de la plus haute importance en physiologie. Sous l'influence de l'action lente et progressive de la germination, les grains féculents sont vidés de leur substance soluble, sans que leur tissu se soit ou altéré ou distendu. On aperçoit alors, dans leur intérieur, de grandes vésicules internes qui se cloisonnent en divers sens, et même des granulations qui adhèrent aux parois du tégument colorable en bleu par l'iode, comme ce tégument adhérait primitivement à la paroi du tégument colorable en jaune, c'est-à-dire à la paroi de la vésicule du tissu cellulaire ligneux (994); enfin on a de la fécule dans la fécule. Plus la germination fait de progrès, et plus ces phénomènes se multiplient (978).

1004. Lorsqu'on observe les grains de fécule de la tulipe à une simple lentille d'une ligne de foyer (fig. 9, pl. 6), on les trouve ornés à la surface de zones concentriques d'un fort joli effet. Mais c'est sur la surface des gros grains de fécule, que l'on peut étudier avec le plus d'avantage la disposition de ces zones. A une lentille simple d'un grossissement de 150 diamètres (fig. 29), pourvu qu'on fasse usage du diaphragme (468), on remarque déjà que ce sont des ellipses inscrites les unes dans les autres, mais rapprochées et se touchant presque toutes par un de leurs bouts, tout près duquel se distingue un petit point noir qui aurait l'air d'être le centre de cette excentricité, si je puis m'exprimer ainsi; on

grossissement de 500 diamètres du microscope composé, cette disposition s'étale tout entière aux regards (fig. 28). Quelle est l'origine de ces rides ondoyantes? Il est facile de s'assurer qu'elles ne se trouvent pas à la surface externe du grain de fécule; car lorsqu'on amène doucement le grain féculent au foyer du microscope, on aperçoit distinctement la surface, avant d'apercevoir les rides, et on aperçoit d'autant plus celles-ci, que l'on avance davantage; il en est de même du point noir, qui se creuse d'autant plus que les rides s'offrent avec plus de saillie. Ces rides tapissent évidemment la paroi interne du tégument; elles nous paraissent être les analogues des spires, dont nous avons démontré l'existence dans toutes les espèces de cellules animales ou végétales (*), et que nous avons signalées jusque dans les cellules vides de la moelle des végétaux; le point noir indique le point d'insertion ou plutôt le point de départ de ce système. Enfin, si la théorie que nous avons admise, sur l'accouplement des spires, représente, comme nous le pensons, les faits observés, le grain de fécule ne serait qu'une cellule avortée, et qui ne continue pas à se développer à l'intérieur, parce qu'elle ne possède qu'une seule spire, et non les deux spires de nom contraire, qui se développent dans tous les organes cellulaires destinés à se reproduire indéfiniment à l'intérieur et à l'extérieur.

1005. En conséquence, le grain de fécule ne se compose pas uniquement d'une vésicule renfermant une substance soluble dans l'eau, mais encore d'un tissu cellulaire interne plus ou moins compliqué, mais qui n'était pas apte à un développement ultérieur.

1006. Rappelons-nous que les grains de fécule, depuis l'instant de la fécondation jusqu'à celui de la maturité, croissent dans l'intérieur des vésicules du tissu cellulaire, qu'ils y acquièrent des dimensions et des formes extrêmement va-

(*) *Nouveau système de physiolog. végét. et de botanique.*, t. I, § 676; 836.

riées (886), et nous resterons convaincu que l'analogie aurait suffi pour indiquer d'avance le résultat que l'expérience directe nous a fait découvrir.

§ XII. CARACTÈRES PHYSIQUES DES PRINCIPALES ESPÈCES DE FÉCULES EMPLOYÉES DANS LES ARTS, EN ÉCONOMIE DOMESTIQUE ET EN PHARMACIE (*).

1007. Je m'étais servi, pour dessiner toutes les formes de diverses fécules renfermées dans la pl. 2, de la première édition de cet ouvrage, qui comprenait les fig. 1-27 de la pl. 6, de l'édition présente, je m'étais servi du grossissement de 100 diamètres de mon microscope de Selligue et d'un diaphragme de 0m,003 de diamètre. Pour les mesurer, j'avais fait usage du procédé de la double vue, qui, s'il n'est pas le plus rigoureusement exact, a du moins le mérite d'être le moins dispendieux. Au reste, chaque grain ayant été mesuré de la même manière, il s'ensuit que les fig. 1-26 de la pl. 6 étaient comparatives; or, il s'agit moins ici d'avoir la mesure mathématiquement exacte de chaque grain de fécule, que les proportions des fécules entre elles; et sous ce rapport, les fig. 1-26 de la pl. 6 ne laissent rien à désirer: en sorte qu'en appliquant une règle divisée en millimètres sur chacune d'elles, on pourrait se passer au besoin des chiffres que nous allons donner dans le texte. Les fig. 29-40 de la présente édition ont été dessinées au microscope double (459); la fig. 29 avec une simple lentille de 150 grossissements et avec le diaphragme (468); la fig. 28 au grossissement de 500 fois du microscope composé; toutes les autres au grossisse-

(*) La fécule se trouve principalement dans la moelle chez les Palmiers: dans les bulbes et tubercules des Monocotylédones à corolle; dans le périsperme des semences des Céréales; dans les rhizomes, tubercules et graines des Cypéracées; dans les tubercules des Solanacées, Convolvulacées; dans le périsperme des Polygonacées; dans les cotylédons des Léguminacées, etc.

ment de 350 fois du même instrument, à l'exception de la fig. 33, qui est vue au grossissement de 100 fois. Quant aux formes et à l'aspect, il est essentiel de faire observer que les grains de fécule présentent très souvent des différences à cet égard, selon qu'on les observe au sortir des organes du végétal, encore tout frais et tout vivants, pour ainsi dire, ou après une dessiccation soit spontanée soit artificielle (897) : la fécule de tulipe nous en offrira un exemple assez frappant (*).

Il est une différence d'aspect qui dépend, non des accidents de structure du grain de fécule, mais seulement de la construction du microscope, et du grossissement avec lequel on observe ; deux circonstances dont il faut soigneusement tenir compte, dans la comparaison que l'on pourra faire de l'image qu'on obtient directement, avec les figures gravées qu'on vérifie. C'est ce qui nous a engagé à ajouter à notre tableau graphique des figures tracées avec notre nouveau microscope. On trouvera, en effet, une grande différence entre les fig. 1 et les fig. 28 et 29, qui cependant désignent toutes la fécule de pomme de terre; mais cette différence provient de la réfraction. Les fig. 1res dessinées au grossissement de 100 diamètres à l'ancien microscope de Selligue, sont plus régulières, plus arrondies ; on n'y voit aucune trace d'ellipses circonscrites les unes aux autres. La fig. 29 nous offre les mêmes grains de fécule, à une simple lentille du microscope double, dont la puissance ampliante est de 150 diamètres. L'image commence déjà à s'aplatir à ce grossissement, parce que la distance focale est de deux millimètres, tandis que la distance focale du grossissement de l'ancien microscope était de près de un centimètre, et qu'ici par conséquent nulle portion du grain de fécule ne pouvait se trouver hors du foyer (563). Ce genre de déformation devient encore plus considérable au grossisse-

(*) *Bullet. des sciences phys. et chim.*, nov. 1826 et sept. 1827. *Lycée*, du 4 déc. 1831.

ment de 500 fois du microscope composé (fig. 28), en raison que le foyer est encore plus court ici qu'à la lentille simple. Les cercles sinueux s'y étendent beaucoup plus, et semblent y prendre un relief, dont on varie de mille manières les effets, en avançant ou reculant le porte-objet.

1008. FÉCULE DE POMME DE TERRE (*Solanum tuberosum*, L.), pl. 6, fig. 1. — Elle affecte les formes les plus variées, et nulle autre espèce connue ne parvient à des dimensions aussi grandes (885). Au sortir des organes de la plante, on observe, sur la surface de ses grains, des rides concentriques qui disparaissent souvent par la dessiccation (1022). Les plus gros atteignent $\frac{1}{8}$ de millimètre, les plus ordinaires varient entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{15}$; ils sont ovales, étranglés en coc[illegible], gibbeux, obscurément triangulaires, arrondis et sphériques, au moins ceux de la plus petite dimension. La pomme de terre est la seule plante dont on consomme la fécule dans les procédés culinaires; c'est celle que l'on peut céder au moindre prix. Pour l'extraire; on lave à grande eau les tubercules, et au besoin on les brosse; on les soumet ensuite à l'action d'une râpe mécanique, sur laquelle on fait parvenir un filet d'eau, qui entraîne le marc sur un tamis, à travers les mailles duquel la fécule seule se rend dans un vase placé au-dessous de l'appareil. Quand l'opération est terminée, on décante l'eau, on lave la fécule, on décante encore, et cela jusqu'à ce que l'eau n'enlève plus rien de soluble au précipité; et enfin on fait sécher la fécule au soleil ou à l'étuve. La fécule de pomme de terre s'offre alors comme une poudre impalpable et cristalline, ayant dans sa blancheur un léger œil bleuâtre; on peut avancer que c'est celle dont les grains sont le moins altérés.

1009. FÉCULE DE LA GRAINE (888) DE CHARAIGNE (*Chara hispida*, L.), fig. 3. — Les grains de cette fécule, qui parviennent à des dimensions presque aussi grandes que ceux de

la pomme de terre, sont les plus mous et les plus ombrés que j'aie jamais rencontrés dans mes observations. Avec une pointe on peut les écraser et les vider dans l'eau sans le secours de l'ébullition; il reste alors sur le porte-objet une vésicule que l'on voit figurée en *a*. Le premier grain, en commençant par la gauche de la rangée, est figuré au grossissement de 150 diamètres, afin de mettre mieux en évidence les plis que détermine, sur leur surface, leur affaissement contre le porte-objet. Les plus gros atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre. La cavité de la graine en est remplie, et les cellules qui la renferment sont très vastes. Pour prouver à combien d'écarts on s'expose, en isolant l'observation physiologique de l'observation chimique, il suffira de rappeler que ces grains de fécule ont été pris, pour les ovules du *chara*, par un jeune chimiste, dans une thèse pharmaceutique sur la fécondation des plantes, opinion encore professée dans le cours de botanique de la Faculté de médecine.

1010. Fécule des articulations (888) de la plante précédente (fig. 4). — Il existe encore plus de différence entre la fécule des articulations de *chara* et celle de la graine de la même plante, qu'entre les fécules appartenant à deux espèces de plantes éloignées l'une de l'autre dans le système botanique. Celle des articulations (pl. 8 fig. 3 *f*) offre les formes les plus bizarres, qui varient à l'infini autour de la forme d'une larme batavique. Les grains atteignent $\frac{1}{14}$ en longueur sur $\frac{1}{25}$ en largeur.

1011. Fécule de sagou (extraite de la moelle de certains palmiers, et, dans les Moluques, de celle du *Cycas circinalis*, L., *Sagus farinaria*, Rumph.), fig. 5 et 37-40. — « Cette fécule, disions-nous dans la première édition de cet ouvrage, est versée dans le commerce sous la forme de boulettes, qui ont environ de 4 à 5 millimètres de diamètre; leur surface est rougeâtre et lisse, leur dureté très grande; aussi, avant

de les observer au microscope; il est nécessaire de les laisser séjourner dans l'eau froide pendant quelques heures. Si l'on soumet alors au microscope des fragments de la superficie de ces boulettes, on s'assure que tous les grains de fécule y ont éclaté; car les téguments, déchirés, crevassés et entr'ouverts (*a* fig. 5), se répandent par myriades sur le porte-objet. Au-dessous de cette couche superficielle, les grains, sans avoir éclaté, offrent dans leur sein, et quelquefois sur un point de leur surface, une granulation, une bosselure (*b*) qu'on remarque sur toutes les fécules qui ont été soumises un instant à l'action de la chaleur, après avoir été simplement humectées ou pétries. Dans le centre des boulettes, au contraire, on ne rencontre que des grains intègres et nullement altérés (885). Toutes ces circonstances achèvent de démontrer l'opinion reçue, selon laquelle ces boulettes auraient été torréfiées sur une platine, après avoir été moulées à travers un crible, dont les trous, égaux entre eux, auraient de 4 à 5 millimètres de diamètre. En manipulant de la même manière la fécule de pomme de terre, pourvu qu'on ait la précaution de l'aromatiser faiblement avec une substance odorante, telle que la bergamotte, et de ne pas pousser loin la torréfaction, de ne torréfier pour ainsi dire qu'en glissant, on peut faire du sagou si ressemblant au sagou exotique, que je suis porté à considérer celui du commerce comme n'ayant pas d'autre origine. Le commerce des drogues, qui falsifie presque tout, n'aura sans doute pas négligé une falsification aussi facile.

Les grains de cette fécule qui ont été dilatés par la chaleur atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre. »

Le sagou, sur lequel nous avons fait les observations précédentes, en 1829, provenait du droguier de Bonastre; et, à cette époque, c'était l'espèce la plus répandue dans le commerce de la capitale.

Dans la séance du 24 janvier 1837 (Académie de médecine), Planche a lu, sur le sagou, un travail intéressant sous

le rapport pharmaceutique et commercial (*), dans lequel il a pris soin de décrire les diverses variétés qui se rencontrent dans le commerce. L'auteur a eu la complaisance de mettre à notre disposition quatre échantillons différents, dont nous allons donner la description microscopique.

L'un de ces échantillons porte l'étiquette de *sagou de la Chine*; il offre tous les caractères de celui qui nous avait servi de type dans la première édition de cet ouvrage. Les boulettes, que représentent les fig. 37, pl. 6, varient en dimensions depuis 2 jusqu'à 4 millimètres, lorsqu'elles sont arrondies; les oblongues arrivent à 5 millimètres; leur surface est lavée d'une couleur violet-marron, qui les pénètre assez avant dans l'intérieur; elles sont dures, et mettent plus de temps que toutes les autres espèces à se ramollir dans l'eau.

Le second échantillon, dont la figure 38 représente les petites boulettes de grandeur naturelle, comme les précédentes, porte l'étiquette de *sagou de Sumatra*. Les plus grosses de ces boulettes ne dépassent pas 2 millimètres en diamètre. La couleur en est moins prononcée, et la consistance en est tendre et presque friable; les molécules se désagrégent et se délitent pour ainsi dire dans l'eau.

Le troisième échantillon, intitulé *sagou blanc des Moluques* (fig. 39), affecte la couleur de la fécule ordinaire; les plus grosses de ses boulettes ne dépassent pas un millimètre; ce sont des petites granulations anguleuses, analogues à celle de la semoule.

Enfin, le quatrième échantillon, intitulé *sagou rosé des Moluques* (fig. 40), offre les boulettes les plus petites; elles ne dépassent pas un demi-millimètre, et sont les unes blanches, les autres lavées d'une légère teinte rosée.

(*) Ce travail est inséré dans les *Mémoires de l'Académie de Médecine*. Paris, 1837. T. VI, pag. 605. in 4°. D'après des renseignements pris par l'auteur, il a été importé en France, en 1826, 6,585 kilog. de sagou; — en 1827, 13,994; — en 1828, 10,545; — en 1829, 14,494; — en 1830, 10,017; — en 1831, 11,404. Total, 67,039 kilog.

A l'exception du *sagou de la Chine*, toutes ces boulettes reprennent une belle blancheur, après un séjour d'une heure dans l'eau ordinaire, et les grains de fécule se désagrègent alors à la moindre pression.

Ce sont là les différences que ces variétés offrent à la vue simple. J'ai vainement cherché à en découvrir d'autres au microscope. Dans toutes, la couche externe est formée d'un agrégat de téguments crevassés, à demi vidés, et qui achèvent de se vider tout-à-fait dans l'eau ordinaire (fig. 5, *a*); dans toutes, la couche suivante offre des grains endommagés, bosselés, effilés, aplatis par un bout, mais encore distendus et arrondis par la substance soluble, et partant réfractant fortement les rayons lumineux (fig. 5, *b*). Enfin, dans le cœur de la boulette, on rencontre fréquemment des grains de fécule intègre, mais dont les dimensions varient à chaque observation; car on pense bien que, sur des molécules de forme et de grandeur aussi variables, le hasard n'amène pas toujours au centre les mêmes dimensions. De là vient qu'en se contentant d'une seule observation, on établirait, entre les caractères de ces diverses variétés, des différences qui disparaîtraient à chaque observation subséquente. Les téguments les plus dilatés ne dépassent pas, dans les unes et les autres, $\frac{1}{5}$ de millimètre, et les grains les plus intègres $\frac{1}{10}$. La forme générale et l'aspect en sont identiques, et tels que nous l'avions établi, dans la première édition de cet ouvrage, sur la fig. 6, pl. 6.

D'où il résulte que la fécule qui a servi à faire ces sagous provient du même genre de plante; qu'elle n'a pas été soumise à l'ébullition, mais à la torréfaction; car l'ébullition aurait distendu et non déchiré les téguments qui affecteraient alors les formes des fig. 2, *a'* et 30; tandis que par la torréfaction les téguments de la fécule affectent les formes générales de la figure 5 *a*. Cette fécule a été soumise humide à la torréfaction, sans quoi tous ses grains s'offriraient crevassés, mais en conservant leurs formes et leur dimensions ordinaires

(fig. 5 *b*); pour qu'un tégument se crevasse en s'étendant, il faut que le grain ait été plongé dans une atmosphère humide, afin que la substance soluble ait trouvé un dissolvant à l'instant propice. La torréfaction n'a pu les atteindre qu'à l'instant où elles étaient formées en boulettes; car ses effets se montrent bien sur la surface de la sphère, moins dans la couche suivante, et point du tout dans le centre. Or, quand on cherche à se rendre compte de la formation de pareilles boules, on est forcé d'admettre que la fécule humide a été pressée sur une espèce de passoire, qu'elle s'est moulée à la filière du crible, et qu'elle est tombée en sortant sur une surface échauffée au moins à 100 degrés (*). La dimension des boulettes dépend ainsi uniquement du diamètre des ouvertures du crible : les variétés du sagou n'indiquent donc que des variétés de procédés industriels.

1013. FÉCULE DES BULBES DE LA PÉLÉGRINE OU LYS DES INCAS (*Alstroemeria pelegrina*, L.) fig. 6. — Par son aspect et par ses formes, elle se rapproche beaucoup de celle de la pomme de terre. Elle est plus fortement ombrée, plus bosselée, et affecte des contours plus bizarres. Les plus gros grains atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre.

(*) Quelques personnes se refusent à croire que le sagou soit le résultat de la torréfaction d'une fécule, parce que, disent-elles, le sagou est insoluble dans l'eau froide, et que la torréfaction rend toutes les fécules solubles dans ce menstrue. Cette opinion provient d'un malentendu. Toutes les fois que vous soumettrez la fécule desséchée à l'influence de la torréfaction, les téguments crèveront sans se distendre, et la substance gommeuse et soluble étant mise à nu, dans chaque grain féculent, elle se laissera attaquer facilement par l'eau, qui ne tardera pas à en dissoudre des quantités appréciables. Mais si l'on soumet à la même influence des boulettes humectées d'eau, les téguments se distendront et s'appliqueront en se superposant les uns sur les autres, de manière à former une couche imperméable à tout ce qu'ils recouvriront, grains intègres ou substance soluble. Il faudra briser ces boules desséchées, pour que l'eau puisse pénétrer jusqu'à la substance qu'elle est en état de dissoudre.

1013. Fécule d'avoine (*Avena sativa*, L.) fig. 24-32. — La farine de cette céréale se montre, à l'œil nu, cotonneuse et comme feutrée, à cause de la présence d'une quantité innombrable de poils (734) qui recouvraient la semence de cette céréale.

Lorsqu'on observe cette farine au grossissement de 100 diamètres du microscope de Selligue, on croirait avoir devant les yeux un mélange disparate de gros grains de fécule fortement ombrés et opaques, oblongs ou ovoïdes, atteignant $\frac{1}{14}$ sur $\frac{1}{33}$ de millimètre et même $\frac{1}{10}$ sur $\frac{1}{14}$ (fig. 24), et puis à côté et quelquefois adhérents à la surface des premiers, des petits grains de fécule ayant environ $\frac{1}{300}$ de millimètre; et dans la première édition de cet ouvrage, n'ayant pas eu la pensée d'observer ce mélange à un grossissement supérieur, j'avais réellement pris les gros grains opaques (fig. 24), pour des grains de fécule. J'ai rectifié cette petite erreur au grossissement de 350 fois du microscope double. Ce sont en effet des cellules glutineuses, grosses de grains de fécule, cellules qui s'isolent quelquefois avec assez de netteté et sous des formes assez arrondies, pour simuler des grains féculents isolés. Ces cellules glutineuses permettent à l'iode de colorer la fécule qu'elles recèlent, et la transparence de leurs parois est telle, qu'elle ne saurait opposer le moindre obstacle à l'évidence de la coloration bleue. Nous avons représenté (fig. 32) au grossissement de 350 diamètres, les formes les plus communes de ces sacs, entourés de leurs grains de fécule.

1014. Fécule du grand lupin (*Lupinus hirsutus*, L.) — Ses grains sont si peu ombrés qu'on les croirait vides, et réduits à l'état de tégument; ils sont légèrement aplatis, arrondis ou allongés, mais variant dans leurs contours. Ils atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre.

1015. Fécule du haricot blanc (*Phaseolus vulgaris*, L.). — Les plus gros atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre; ils sont ovoïdes, allongés en pointe d'un côté, ou très obscurément trigones,

mais fortement ombrés sur les bords ; ainsi que sur les grains de fève, on observe un grain intérieur enchâssé dans le grain principal.

1016. FÉCULE DES TUBERCULES D'IGNAME (*Dioscorea sativa*, L.) fig. 8. — Grains ovoïdes ou linéaires, moins variables que dans les fécules précédentes, et dont les plus gros atteignent $\frac{1}{17}$ de millimètre.

1017. FÉCULE DE LENTILLE (*Ervum lens*, L.), fig. 26, 33-34. — Après la fécule de pomme de terre et celle de seigle, dont nous nous occuperons plus bas, la fécule de lentille est une des plus reconnaissables, en ce que chaque grain se trouve divisé en trois ou quatre compartiments, par des lignes courbes et noires, qui indiquent la présence de tout autant de cellules internes, dans le sein de la cellule principale (1003). Les grains en sont en général ovoïdes, et dépassent à peine [illegible] de millimètre. Les fig. 26 sont dessinées au grossissement de 180 diamètres du microscope de Selligue; les fig. 33 au grossissement analogue de notre microscope double, et les fig. 34 au grossissement de 350 diamètres de ce dernier instrument.

1018. FÉCULE DE FROMENT (*Triticum sativum*, L.) fig. 12. —Les plus nombreux et les plus gros grains de cette fécule ne dépassent pas $\frac{1}{20}$ de millimètre ; ils sont sphériques : on les voit accompagnés de téguments vidés, déchirés, qui proviennent des grains de fécule écrasés par la meule. Ils sont bien plus lisses, plus arrondis et mieux conservés, quand on les extrait de la semence encore un peu verdâtre et non desséchée sur pied. On l'extrait de la manière suivante, pour l'usage des lingères qui la préfèrent comme *empois*, dans le repassage du linge fin. Les *Amidonniers* déposent dans de grandes cuves la farine grossièrement moulue, et sans se donner la peine même d'en séparer le son ; ils utilisent aussi les recoupettes et les blés gâtés. Ils délaient la farine dans une certaine quantité d'eau, à laquelle ils ajoutent un peu d'*eau*

sûre, qui est le produit d'une opération précédente. Le sucre et le gluten que renferme la farine ne tardent pas à réagir l'un sur l'autre, pour produire d'abord de l'*alcool*, de l'*acide carbonique*, puis de l'*acide acétique* qui achève de dissoudre le restant du gluten. C'est cette eau qu'on nomme première *eau sûre* ou *eau grasse*; elle est trouble et gluante; elle renferme, d'après Vauquelin, de l'acide acétique, de l'alcool, de l'acétate d'ammoniaque, du phosphate de chaux, et du gluten. Après avoir lavé le dépôt par décantation, on le délaie dans l'eau, et on verse le tout sur un tamis de crin placé au-dessus d'un tonneau. Le son le plus grossier reste sur le tamis; la fécule passe avec le plus fin à travers, et se dépose mêlée à ce dernier. On les agite de nouveau dans l'eau; la fécule se sépare, par sa pesanteur spécifique, du son, qui reste presque tout entier à la surface du précipité, lequel prend le nom de *gros noir*. Alors on enlève la première couche avec une pelle, la seconde et la troisième en rinçant à deux reprises la partie supérieure de la masse restante; on délaie le résidu dans l'eau, et on le jette sur un tamis de soie plus ou moins fin. On sépare ainsi une nouvelle quantité de son, et l'on n'a plus qu'à laisser déposer la fécule et à la rincer pour l'obtenir pure. On la dessèche enfin, en moulant le précipité dans des paniers d'osier garnis d'une toile non adhérente, que l'on va renverser au grenier sur une aire faite en plâtre; ces blocs doivent être rompus à la main. Les morceaux sont exposés à l'air pendant quelques jours: on racle ensuite leur superficie, et on les met à l'étuve pour les sécher entièrement. Les grumeaux d'amidon s'offrent alors avec des cannelures qui sembleraient indiquer une cristallisation grossière, mais qui ne proviennent réellement que de l'action de l'eau qui les creuse en s'écoulant. Cet amidon ainsi obtenu est toujours plus tenace et moins friable que celui de pomme de terre, à cause d'une certaine quantité de gomme et de gluten que ses molécules, en se précipitant, emprisonnent entre elles. Nous reviendrons sur les modifica-

tions de cette opération, en nous occupant des applications aux arts. Ce procédé convient à l'extraction de la fécule de tous les organes qui renferment du gluten, à l'orge par exemple, dont les amidonniers se servent tout aussi bien que de la farine du froment.

1019. FÉCULE DE SEIGLE (*Secale cereale*, L.) fig. 25. — Les grains les plus gros de cette fécule atteignent $\frac{1}{1}$ de millimètre; mais ce qui les distingue de toutes les autres fécules, c'est qu'ils sont aplatis et à bords tranchants comme des disques, et marqués pour la plupart, sur une de leurs faces, d'une croix noire ou de trois rayons noirs réunis au centre du grain. Cependant, nous avons eu l'occasion d'examiner divers échantillons de seigle, qui nous ont été adressés en 1834 par Bosson, pharmacien à Mantes (Seine-et-Oise), et dont les grains de fécule ne portaient pas cette croix dans leur intérieur.

1020. FÉCULE DE FÈVE DE MARAIS (*Vicia faba*, L.) fig. 7.— Les grains sont ovoïdes ou réniformes, offrant souvent dans leur sein un grain interne comme enchâssé dans le principal, quelques uns affaissés et presque vidés; il atteignent $\frac{1}{1}$ de millimètre. La fécule des semences des légumineuses se trouve dans les cotylédons.

1021. FÉCULE DE POIS VERT (*Pisum sativum*, L.) fig. 11. — Les grains de cette fécule affectent à peu près les dimensions de celle de la fève et les formes de celle de la pomme de terre; à l'état frais ils sont tout aussi fortement ombrés sur les bords que ceux de la pélégrine (1012); leur surface est bosselée. Les plus gros atteignent $\frac{1}{1}$ de millimètre.

1022. FÉCULE DES BULBES DE TULIPE (*Tulipa gesneriana*, L.) fig. 9. — Les plus nombreux sont assez uniformes dans leur aspect et dans leur configuration; lorsqu'on les examine au sortir des bulbes de la plante, ils offrent, sur la surface

éclairée, des rides concentriques, chatoyantes, dont la concavité regarde l'extrémité la plus effilée. Ces rides disparaissent par la dessiccation, exactement comme les rides d'un papier mouillé s'effacent, à mesure que le papier s'étend par l'évaporation de l'eau dont il était imprégné. Ces jolis grains pyriformes un peu aplatis atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre, mais je les ai dessinés ici à un grossissement une demi-fois plus fort que les autres, afin de mieux mettre en évidence leurs rides.

1023. Fécule des tubercules d'iris de Florence (*Iris florentina* ou *germanica*) fig. 13 et 14. — Les fig. 13 représentent les formes de cette fécule, lorsqu'on l'observe extraite d'un tubercule radiculaire encore jeune (au mois de juin, par exemple); les fig. 14, au contraire, les formes qu'offre cette fécule au sortir d'un tubercule plus âgé; car on trouve alors que les grains de fécule ont grossi, végété pour ainsi dire, et qu'ils ont contracté les formes les plus bizarres. Dans le premier cas ces grains ne dépassent pas $\frac{1}{100}$ de millimètre; dans le second ils atteignent jusqu'à $\frac{1}{20}$ sur $\frac{1}{33}$. Cet accroissement est plus rapide même au printemps, lorsqu'on abandonne à eux-mêmes, au contact de l'air, des tubercules d'iris récemment extraits de la terre. En quinze jours les grains de fécule sont parvenus à leur *summum* d'accroissement (fig. 14). C'est avec cette fécule qu'on parfumait l'amidon de froment dont on se servait, sous le nom de *poudre à poudrer*, pour *enfariner* les perruques de nos ancêtres.

1024. Fécule envoyée des Antilles sous le nom supposé de fécule de topinambour (fig. 11). — « On présenta en 1826, à la Société philomatique, disions-nous dans la première édition de cet ouvrage, une fécule envoyée par L'Herminier, et on la donna comme provenant des topinambours d'Amérique. Les tubercules radiculaires des topinambours

cultivés en France ne donnent qu'une fécule non colorable par l'iode, dont nous aurons à nous occuper plus bas. Quoique, physiologiquement parlant, le fait communiqué à la Société ne me parût pas impossible, cependant il était trop singulier pour ne pas avoir besoin d'une plus grande confirmation, avant d'être enregistré dans les fastes de la science. Depuis cette époque L'Herminier est revenu en France, et il m'a assuré que c'est par erreur qu'on avait attribué cette fécule aux topinambours ; mais il n'a pas pu se souvenir du végétal d'où elle avait été extraite. Quoi qu'il en soit, les plus gros grains de cette fécule, qui varient autour de la forme sphérique, atteignent $\frac{1}{25}$ de millimètre. »

Pelouze père, en sa qualité de créole et de témoin très compétent, nous a donné depuis le mot de l'énigme. Aux Antilles françaises la plante qui porte le nom de *topinambour* n'est pas l'*Helianthus tuberosus*, mais bien un balisier (un *canna*, un *maranta* ou un *amomum*). Or, les dimensions des grains de cette fécule pseudonyme, se rapprochent, comme on le voit sur le tableau, de celle de la fécule de l'arrow-root (*Maranta arundinacea*). L'*Helianthus tuberosus*, importé depuis une cinquantaine d'années, se nomme aux Antilles, le *navet des Barbades*. D'après Pelouze, la fleur du *topinambour des Antilles* semble une hybride de celle du *curcuma*.

1025. ARROW-ROOT *ou* FÉCULE DES TUBERCULES DU LANGUAS A FEUILLES DE BALISIER (*Maranta arundinacea*, L.) fig. 31 — « L'arrow-root, dit Berzélius (*Chim. trad.* 1832, tom. V, p. 213), étant très estimé par quelques médecins comme fortifiant, on le vend très cher, en sorte qu'on a cherché à le distinguer d'une manière sûre des autres espèces d'amidon. D'après Guibourt, on le reconnaît sous le microscope, en ce que les grains d'arrow-root sont TRANSLUCIDES et plus PETITS que ceux d'amidon de pommes de terre, quoique leur forme et leur volume soient aussi variables. » Tout en félicitant Berzélius de sa bienveillance nouvelle envers les observations

microscopiques, nous ne pouvons nous empêcher de déplorer l'espèce de complaisance qui l'entraîne à enregistrer, dans les catalogues qu'il revêt de l'autorité de son nom, des observations au moins aussi superficielles que celles qu'il emprunte à Guibourt (*). D'après les caractères assignés par ce dernier à la fécule d'arrow-root, il y a en France peut-être cent végétaux, dont la fécule pourra être confondue avec cette substance brasilienne. Quelle fécule n'est pas translucide? et quelle fécule est plus translucide que celle du *Solanum*? Ensuite quelle fécule, à l'exception de la fécule de la graine de *Chara* (1009), n'a pas les grains plus petits et le volume tout aussi variable que celle de la fécule de pomme de terre? Quant aux formes, combien n'en existe-t-il pas dont les formes varient à l'infini? Il suffit pour cela de jeter un coup d'œil sur la planche 6. Mais, par un hasard assez malencontreux, il arrive que, bien loin d'être translucides, les grains d'arrow-root sont plus fortement ombrés que tous ceux que nous avons déjà observés, et ils offrent des caractères que nous n'avons jamais rencontrés sur ces derniers; les voici :

La fécule d'arrow-root examinée en grand a un œil cristallin, mais mat; elle est plus rude au toucher que celle de pomme de terre, et presque autant que celle d'amidon de froment; elle renferme des grumeaux qui résistent à la pression et craquent sous les doigts. Examinée dans l'eau au microscope, elle offre des groupes de cinq à six et même de dix à douze grains, que le mouvement le plus rapide et l'agitation la plus prolongée ne parviennent pas à désassocier, et qui voyagent de compagnie dans le liquide.

Mais ce qu'il y a de plus distinctif dans les caractères physiques de cette fécule, c'est que chacun de ces grains représente une moitié, un quart, un tiers, etc., de sphère solide,

(*) Voyez l'analyse et la critique du travail de Guibourt. *Annal. des sciences d'observation*, tom. II, n° 1, pag. 90, avril 1829.

que d'autres sont de petits cylindres ayant une extrémité arrondie en calotte et l'autre aplatie, enfin que d'autres ressemblent exactement à des molettes de peintre; en sorte que chacun de ces grains a toujours une ou plusieurs surfaces anguleuses, dont la réfraction produit ces ombres si fortes et si variées que l'on observe sur les contours de l'image microscopique; on croirait quelquefois avoir des cristaux devant les yeux. Cette structure est telle que la description écrite est plus propre à la faire connaître que la figure la plus exacte. En outre, on aperçoit très souvent, à travers leur face translucide, des lignes noires entrecroisées tantôt en T, tantôt en étoiles, comme dans la fécule de seigle (1019); et, en faisant rouler les grains sur eux-mêmes par le mouvement imprimé au liquide, on s'assure que ces signes ne sont nullement superficiels, qu'ils existent, au contraire, dans le sein même du grain, ce qui indique un retrait de cloisons cellulaires analogues à celles que nous avons observées dans la lentille (1017); les plus gros grains ne dépassent pas $\frac{1}{25}$ de millimètre. De l'adhérence tenace d'un grand nombre de ces grains entre eux, et des surfaces anguleuses qu'ils ont contractées en s'agglutinant, tout en conservant une de leurs surfaces courbes, on serait porté à conclure que cette fécule composée de grains arrondis et un peu mous, a été traitée immédiatement après son extraction par la chaleur assez élevée d'une étuve. Ce qui me confirmerait dans cette pensée, c'est que, par une ébullition assez prolongée, qui suffit pour étendre les téguments de la fécule de pomme de terre, jusqu'à leur faire acquérir vingt à trente fois leur premier diamètre, les téguments de la fécule d'arrow-root atteignent à peine quatre fois le volume du grain intègre; cela explique pourquoi Pfaff a trouvé que 10 grains d'amidon d'arrow-root bouillis dans une once d'eau ne donnent qu'un liquide mucilagineux, tandis que la même quantité de fécule ordinaire donne, dans la même quantité d'eau, une masse gélatineuse, un véritable *empois* (937).

1026. Fécule de la vesce cultivée (*Vicia sativa*, L.) — Les plus gros grains de cette fécule atteignent $\frac{1}{33}$ de millimètre. Ils affectent, sinon l'aspect, du moins les formes des grains de fécule de pomme de terre; les grains oblongs offrent une fente longitudinale analogue au *hile* de certaines semences. La fécule de la *variété blanche*, outre les caractères précédents, se rapproche de la fécule de *lentille* (1017) par deux ou trois compartiments qu'on remarque sur un assez grand nombre de ses grains.

1027. Fécule de marron d'Inde (*Æsculus hippocastanum*, L.). — Les grains de fécule varient en grosseur selon la grosseur et selon l'âge du marron; ils sont très irréguliers, étranglés dans le milieu de leur longueur, comme des cocons de vers à soie, ou en forme de reins et de larmes bataviques; ils sont fortement ombrés sur les bords; les plus gros grains de fécule ne dépassent pas $\frac{1}{33}$ en longueur.

Les fruits du marronnier, si riches en fécule et si abondants sur les beaux arbres qui décorent nos promenades, restent sans profit, à cause de la substance amère et de la grande quantité de potasse, qui altère la qualité de sa fécule et la rend impropre à l'alimentation. Cependant, au moyen de manipulations bien simples, il serait facile d'utiliser ce fruit, et d'en obtenir 30 sur 100 de fécule, tandis que la pomme de terre ne donne que 22 sur 100 de cette substance. Il suffirait en effet de râper les marrons comme on le fait pour la pomme de terre (1008), de laver le dépôt avec de l'eau très légèrement acidulée (906) par l'acide sulfurique, ou plutôt, comme le recommande Baumé, d'une eau alcalisée avec de la potasse, de laver ensuite à grande eau pour enlever toute âcreté; la fécule serait ainsi dépouillée de tout ce qui peut la rendre désagréable et nuisible. On pourrait peut-être obtenir le même effet, en se servant du procédé des amidonniers (1018), et provoquant la fermentation par l'addition de gluten ou autre substance fermentescible. Vergnaud recommande la pulpe

extraite du marron et réduite en empois sans aucune autre préparation, comme un excellent *parement* (colle) pour les tisserands, à cause du sel déliquescent qu'elle renferme, et qui permettrait de travailler la toile dans un local autre que les lieux humides et malsains, où les ouvriers sont forcés de placer leurs métiers, afin d'empêcher le parement de se dessécher.

1028. FÉCULE DE CHATAIGNE (*Castanea vesca*, L.). — Se rapprochant beaucoup du marron d'Inde par l'aspect et les dimensions, mais s'en éloignant par la forme qui imite deux ou trois formes de la pomme de terre, les grains de fécule bien conservés et fortement ombrés sur les bords sont oblongs, triangulaires, arrondis, sphériques, rarement réniformes; ils dépassent à peine $\frac{1}{33}$ de millimètre. La châtaigne remplace le pain pour les habitants de cinq à six départements de la France, pendant près de six mois de l'année.

1029. FÉCULE DE TAPIOKA (*Janipha maniot*, L.) fig. 15. — Les grains de fécule de cette racine ne dépassent pas $\frac{1}{35}$ de millimètre. Ils affectent la forme arrondie, et offrent, dans leur centre, un point noir qui provient d'un jeu de lumière dû à quelque circonstance de leur structure interne, ou à une dépression de leur surface.

On distingue deux espèces de *tapioka*: le *manioc doux* et le *manioc amer*. C'est de la racine du *manioc doux* qu'on extrait en Amérique, et par les procédés ordinaires, une fécule abondante, connue, dans les colonies, sous les noms de *cipipa* et de *moussache*. Les blanchisseuses s'en servent pour blanchir le linge, quoiqu'elles préfèrent pour cet usage la fécule d'*arrow-root*, qu'elles nomment improprement *sagou*. L'arrow-root, en effet, doit fournir un amidon moins pâteux (1025).

La pulpe de la racine, qui reste sur le tamis, est séchée et légèrement torréfiée; on la broie en farine grossière, que

l'on vend sous le nom de farine de *coucousse* ou *tapioka*; bouillie avec du lait, elle forme un aliment aussi nutritif qu'agréable.

La *cassave* ou *pain de cassave* est une préparation alimentaire, tirée également des racines du tapioka. On les lave lorsqu'elles atteignent la grosseur du bras, on exprime la pulpe dans des sacs à plusieurs doubles, on l'étend sur des plaques de fer en couches de un à deux pouces d'épaisseur, et on la fait cuire en forme de galettes, qu'on met sécher au soleil sur le toit de chaume des cases à nègres.

Le suc du *manioc amer* renferme un principe vénéneux, qui paraît être un mélange d'acide hydrocyanique.

1030. FÉCULE D'ORGE (*Hordeum vulgare*, L.). — Les grains de cette fécule, qui ne dépassent pas $\frac{1}{40}$ de millimètre, ont l'aspect et les formes de la fécule de froment. Les amidonniers soumettent la farine d'orge aux mêmes procédés que cette dernière, pour en obtenir de l'*amidon*.

1031. FÉCULE DE MAÏS (*Zea maïs*, L.). — Presque tous les grains de cette fécule sont endommagés par la meule, à cause de la grande adhérence que l'huile, la gomme et le sucre, que renferme le périsperme de cette céréale, leur font contracter par la dessiccation. La plupart restent agglutinés entre eux, et présentent l'aspect d'un tissu cellulaire à petites mailles; tous sont plissés ou plus ou moins ridés, et plus ou moins irrégulièrement arrondis; les plus gros dépassent à peine $\frac{1}{40}$ de millimètre, et ce ne sont pas les plus nombreux. Mais si, au lieu d'examiner la fécule dans la farine moulue, on l'examine au sortir de la semence jeune et à l'époque où le périsperme est, pour ainsi dire, encore laiteux, les grains ont alors un tout autre aspect; ils sont parfaitement sphériques, lisses, intègres; en sorte que, toutes proportions gardées, il me paraît évident qu'on obtiendrait plus de fécule, par l'expression des semences prises un peu avant l'entière maturité, que par la mouture des semences

ces mûres (1018). Car les grains intègres et non crevassés tomberaient au fond du liquide par la première méthode ; tandis que par la seconde, ayant été altérés, brisés, déchirés par la meule, ils cèdent à l'eau leur substance soluble, et restent suspendus dans le liquide, avec la légèreté des simples téguments. Voilà pourquoi Parmentier, qui a fait usage de la seconde méthode pour analyser le maïs, a obtenu si peu de fécule de la farine de cette céréale (*Mém. sur le maïs*, Bordeaux, 1785, in-4°).

1032. Fécule des bulbes de l'*Ornithogalum umbellatum*. — Grains de fécule mous, s'agglutinant sur le porte-objet par la dessiccation, à cause du mucilage dont ils sont enduits; ovoïdes, obscurément trigones, réniformes, ayant les plus gros $\frac{1}{40}$ de millimètre.

1033. Fécule d'orchis, ou salep (*Orchis morio, mascula, pyramidalis, latifolia, conopsea, maculata*, L., et autres orchis indigènes). — Depuis plus de quatre-vingts ans, les auteurs français de matière médicale recommandent le salep indigène comme un excellent succédané du salep asiatique. On l'obtient, en lavant les tubercules d'orchis dans l'eau fraîche, les enfilant à la manière d'un chapelet, et les faisant bouillir dans l'eau pendant vingt à trente minutes, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'on s'aperçoive qu'ils commencent à se réduire en mucilage; on les retire alors de l'eau, et on les fait sécher au soleil ou à l'étuve. Une discussion s'éleva, il y a quelques années, parmi les membres de la section de pharmacie de l'École de médecine; Vauquelin assurait que les tubercules d'orchis renfermaient abondamment de la fécule; Robiquet, au contraire, soutenait ne pas y en avoir trouvé de traces; et comme il est impossible de se méprendre en grand sur les caractères de la fécule, et que les deux auteurs étaient également recommandables par l'esprit d'exactitude avec laquelle ils procédaient dans toutes leurs

recherches, on était porté naturellement à conclure que le même organe pouvait contenir de la fécule, ou en être privé totalement dans la même espèce; mais voici l'explication de l'anomalie.

La tige d'*Orchis* sort d'un tubercule qui la nourrit, et qui par conséquent s'épuise de jour en jour. Mais à mesure que la tige commence à surgir de ce tubercule, il part, entre plusieurs radicelles simples, un nouveau tubercule qui grossit de plus en plus, et qui doit survivre à la tige ainsi qu'au tubercule maternel, afin de propager l'espèce. S'il arrive à un chimiste de chercher de la fécule dans le tubercule sphacélé, il n'en trouvera certainement pas, et c'est probablement ce qui est arrivé à Robiquet; mais ce même tubercule en avait possédé avant de se sacrifier à la nutrition de la tige. Si on en cherche dans le nouveau tubercule trop jeune, on n'en trouvera pas davantage. En conséquence il faut cueillir les tubercules d'orchis immédiatement après que les fleurs de la tige commencent à passer; c'est l'époque où le tubercule nouveau est le plus riche en fécule et en arome.

Les grains de fécule d'orchis, examinés avant d'avoir été réduits en salep par l'ébullition, apparaissent sphériques, et ne dépassent pas, les plus gros du moins, $\frac{1}{100}$ de millimètre; dans quelques espèces ils restent même à la grosseur de $\frac{1}{100}$.

1034. FÉCULE DE SARRASIN (*Polygonum fagopyrum*, L.). — La farine en est jaune comme le pollen de cèdre; les grains de fécule en sont si petits qu'ils atteignent rarement $\frac{1}{100}$ de millimètre. Le tissu cellulaire qui les contient s'éclate, sous la meule, en fragments anguleux de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{10}$ de millimètre, qui, par leurs facettes et leur aspect jaunâtre, rappellent les granules graisseux que l'on voit figurés par réfraction sur la pl. 10, fig. 33. Par l'effet d'une certaine macération, on parvient à distinguer les grains de fécule dans le sein de ces fragments.

1035. **Fécule des céréales qui servaient a l'alimentation des hommes, il y a trois mille ans environ.**—Il arriva à Paris, en 1826, une collection d'antiquités égyptiennes, dont la richesse fixa vivement l'attention de toutes les spécialités de la science. Parmi les objets qui frappèrent spécialement les botanistes et les pharmaciens de la capitale, se trouvaient des céréales, que ces observateurs inscrivirent, dans le catalogue raisonné de la collection, sous le nom de *grains de froment* trouvés dans les momies. Curieux d'examiner sous quelle forme la fécule de ces grains avait traversé trente siècles dans l'ombre des sarcophages, il nous fut facile d'en obtenir une certaine quantité de l'obligeance du propriétaire, Passalacqua. En examinant ces grains de plus près, il nous sembla que les plus célèbres botanistes de la capitale avaient procédé un peu légèrement à la détermination de ces céréales; car chacun de ces grains portait un caractère tout-à-fait étranger aux grains de froment, et qui est au contraire caractéristique de toutes les espèces d'orge, à l'exception d'une seule, l'*orge nue*; chacun d'eux en effet était intimement revêtu d'un fragment plus ou moins considérable des deux paillettes, qui constituent le calice de la fleur des céréales (*). Mais nos grains antiques se distinguaient de l'orge moderne, en ce que la panse offrait, sur ses surfaces dénudées, une coloration rougeâtre qui ne provenait d'aucune substance embaumante; en ce qu'elle était gonflée et beaucoup plus large que celle de l'orge moderne, arrondie, tandis que nos grains d'orge sont carinés, enfin surtout, en ce que le sommet ne portait aucun de ces poils soyeux, qui forment le caractère distinctif de tous les grains de céréales modernes. Mais je remarquai bientôt, par une analyse plus minutieuse, que l'embryon s'était détaché de sa place ordinaire, que les deux couches épidermiques du grain s'étaient détachées par plaques, et avaient emporté avec elles les poils auxquels elles servent de support; que l'in-

(*) *Nouv. syst. de physiologie végét. et de bot.*, tom. Ier, § 265, 1715; et tom. II, § 1916.

térieur du périsperme présentait des crevasses analogues aux cavités qu'occasionne la cuisson du pain. Enfin, la farine, examinée au microscope, ne se composait que de téguments colorables en bleu par l'iode, et vidés; on voyait aussi quelques grains crevassés et qui se vidaient dans l'eau après un séjour de courte durée; enfin des parcelles de gluten qui avaient perdu toute leur primitive élasticité.

Il était évident à mes yeux que les grains égyptiens, avant d'être déposés, par la religion des tombeaux, dans le sarcophage des momies, avaient été soumis à la torréfaction, formalité religieuse que Moïse conserva et prescrivit par une loi expresse, à l'égard des prémices de la moisson que l'on offrait à *Jéhova* (*Lévitique*, ch. II. v. 14 et 15). Il ne me resta plus le moindre doute, une fois que j'eus soumis à une torréfaction suffisante, dans une cuillère en fer, une certaine quantité de grains de notre orge moderne; j'obtins en effet des grains qui ressemblaient tellement aux grains égyptiens, que les membres de la Société philomatique qui les eurent sous les yeux, avaient de la peine à les en distinguer. Les grains de la collection n'étaient donc pas des grains de blé, mais des *grains d'orge torréfiés* (*). N'allons pas cependant tirer la conséquence qu'il n'existait alors ni blé, ni seigle, ni avoine, etc.; ce fait ne prouvait qu'une seule chose, c'est que dans les momies Passalacqua, il ne s'en était pas trouvé. Plus tard, en effet, en juin 1834, j'ai reçu de l'obligeance de

(*) Voyez notre travail inséré dans les *Mémoires du Muséum d'hist. nat.* 1827; *Bullet. univ.*, 1re sect., janvier 1827. — Dans le *Journal de chimie médicale*, tom. III, p. 181, J. F. en a donné une analyse, d'après une méthode de rédaction toute particulière : elle consiste à transcrire littéralement le texte de l'auteur, dont on se charge d'analyser les expériences, et à apposer sa signature au bas de l'extrait. Il n'y a au monde que l'auteur analysé, qui soit en état de reconnaître le stratagème, et de découvrir que la première personne de tous les verbes de l'analyse équivaut ainsi à la troisième personne, et ne désigne rien moins que le consciencieux rédacteur, qui, pour son propre compte, avait imprimé tout le contraire, deux mois auparavant.

Dubois, conservateur du Musée égyptien du Louvre, un paquet de céréales des momies, qui se composait de grains d'orge et de grains de blé en égales portions; mais ces céréales ne paraissent pas avoir été soumis à une température aussi élevée que les grains de Passalacqua, tant l'extérieur en a été peu déformé. Cependant le périsperme de l'orge a subi, par l'influence du feu, une altération notable.

Ce périsperme est dur, corné, rouge-violet très foncé. Dans l'eau, il prend peu à peu une teinte jaunâtre; et après un séjour de cinq à six heures dans ce liquide, il se délite sous la pression des doigts en une farine grossière et ligneuse, en une espèce de sciure de bois. Cette farine examinée au microscope, se présente telle que le montre la fig. 35, pl. 6. Ici ce ne sont plus les grains de fécule qui se sont isolés, ce sont les cellules glutineuses, pleines de grains de fécule, qui se séparent, en décollant leurs parois respectives, et en se désagglutinant par la dessiccation. Ces cellules desséchées et isolées par une espèce de retrait, offrent toutes les facettes qui émanent de la compression mutuelle des organes (743); elles affectent diverses formes et diverses dimensions, depuis $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de millimètre de long, sur $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ de large. La fig. 35 les représente au grossissement 350 du microscope double. L'iode colore tous ces paquets en beau bleu violet. Sous le rapport physiologique, chacun de ces paquets est l'analogue d'un grain de fécule (1003), dont la cellule glutineuse formerait le tégument.

Les grains de blé antique possèdent un périsperme si blanc, qu'au premier coup d'œil, on serait porté à croire qu'ils n'ont subi aucune espèce de torréfaction; rien ne les distingue du reste à l'œil nu des grains de blé modernes. Mais le gluten n'en a pas moins perdu toute sa ductilité; il n'est plus susceptible de former pâte à la malaxation, il se délite comme celui de l'orge antique; quant aux grains de fécule, ils sont presque tous aplatis en ménisque, d'autres sont

affaissés, d'autres crevassés; et beaucoup de téguments flottent larges et distendus dans le liquide.

La dimension des grains de fécule de l'orge et du blé antiques est la même que celle des grains de fécule de l'orge et du blé modernes.

1036. *Tableau des dimensions les plus grandes auxquelles parviennent les grains des fécules ci-dessus énumérées.*

Noms des plantes.	Organes d'où on extrait la fécule.	Dimensions en millim. des grains de fécule.	Figures de la pl. 6 qui les représentent.
Massette (*Typha*, L.) (993)	rhizomes	1/7	17
Pomme de terre (*Solanum tuberosum*, L.)	tubercules	1/8	1, 2, 3
Châtaigne d'eau (*Trapa natans*.) (999)	fruit	1/10 sur 1/12.	36
Charaigne (*Chara hispida*, L.)	graine	1/10	3
Sagou (*Cycas circinalis*, L.)	moelle	1/10	5
Lys des Incas (*Alstroemeria pelegrina*, L.)	bulbes	1/10	6
Avoine (*Avena sativa*, L.)	périsp. des semences	1/14 sur 1/33.	24, 32
Charaigne	articulations	1/14 sur 1/20.	4
Lupin (*Lupinus hirsutus*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/15	
Haricot (*Phaseolus vulgaris*, L.)	*ibid.*	1/15	
Igname (*Dioscorea sativa*, L.)	tubercules	1/17	8
Lentille (*Ervum lens*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/17	26, 33, 3
Froment (*Triticum sativum*, L.)	périsp. des graines	1/20	12
Seigle (*Secale cereale*, L.)	*ibid.*	1/20	25
Fève des marais (*Vicia faba*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/20	7
Pois vert (*Pisum sativum*, L.)	*ibid.*	1/20	11
Tulipe (*Tulipa gesneriana*, L.)	bulbes	1/20	9
Iris (*Iris florentina et germanica*, L.)	rhiz. pris en octobre	1/20	14

Noms des plantes.	Organes d'où on extrait la fécule.	Di[redacted]ions en [redacted]ètres des grains de fécule.	Figures de la pl. 6 qui les représentent.
·ot.................. *nta arundinacea*, L.)	tubercules des racines	1/25	31
:cule de topinambour rique..............		1/25	11
.... *sativa*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/25	
r................. *hæa lutea*, L.)	racines	1/25	
he................ *nche ramosa*, L.)	base tubéreuse de la tige et ovaire	1/25 sur 1/50	
d'Inde.............. *'us hippocastanum*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/33	
e................. *nea vesca*, L.)	*ibid.*	1/33	
.... *ha maniot*, L.)	racines	1/35	15
.... *um vulgare*, L.)	périsp. des graines	1/40	
.... *ıaïs*, L.)	*ibid.*	1/40	
onze heures......... *hogalum umbellatum*, L.)	bulbes	1/50	
.... *s latifolia*, L.)	tuberc. uniq. de l'année.	1/50	
comestible......... *'us esculentus*, L.)	tubercules nombreux	1/70	
.... *ıia alba*. L.)	racines	1/70	
.... *lvulus batatas*, L.)	gros tuberc. en navet	1/75	
.... *'orentina*. L.)	rhizomes de juin	1/100	13
let................ *'um miliaceum*, L.)	périsp. de la semence	1/400	

Je n'ai noté dans ce tableau que les dimensions les plus grandes des grains négligeant de mentionner et les plus petites qui ont pour limite la puis- nos moyens d'observation, et les intermédiaires qui varient à l'infini et outes les fractions possibles du millimètre.

§ XIII. SUBSTANCE FÉCULOÏDE DES LICHENS.

1037. On a beau triturer les lichens, ils ne donnent aucune poudre que l'on puisse assimiler, par ses formes et ses caractères physiques, aux fécules dont nous venons de parler dans les précédents paragraphes. Cependant, si l'on plonge les expansions du *lichen d'Islande* (*Lichen islandicus*, L.) (*) dans une solution d'iode, ses expansions grisâtres ne tardent pas à prendre une couleur bleue ou violette, qui devient de plus en plus foncée, et que de loin on croirait brune. Une fois sèches, ces expansions imitent, à s'y méprendre, celles des plantes marines de la famille des *Fucus* dont on extrait l'iode; et leur exposition prolongée à l'air dans cet état ne les dépouille pas de cette couleur. Il n'en est pas de même, si on les tient exposées à l'air dans l'eau; elles ne tardent pas à perdre cette coloration brune violette, pour reprendre leur première couleur gris-verdâtre. L'eau favorise l'évaporation de l'iode qui s'était attaché au tissu du lichen; mais elle ne donne aucun indice de la formation d'un acide, qui puisse faire présumer que l'iode n'a abandonné le tissu qu'en décomposant l'eau, pour former un hydracide et un oxacide (**).

(*) Ce que nous disons du lichen d'Islande s'applique également aux espèces suivantes : *Lichen plicatus, barbatus, fastigiatus, fraxineus*, etc.

(**) Il n'y aurait rien d'invraisemblable à penser que c'est à la combinaison de l'iode avec une substance féculoïde, que les *Fucus* doivent la couleur violet-sombre ou purpurine qui les distingue. L'incinération n'aurait d'autre effet que de reporter sur la potasse, que renfermaient préalablement certains organes des *Fucus*, l'iode abandonné par la combustion de la substance organique. On pourrait objecter que l'iode tend à abandonner la fécule plongée dans l'eau, et à s'évaporer ou à se combiner avec les bases terreuses dissoutes ou suspendues dans le liquide. Mais on peut répondre que cet effet ayant lieu sur des organes bruts et sans vie, rien ne porte à croire qu'il aurait également lieu, lorsque l'iode serait combiné avec des organes doués de vitalité et surtout entourés d'un mucilage organisé, qui protégerait la combinaison contre l'invasion

1038. Soumises à une ébullition prolongée dans l'eau, et après avoir été plus ou moins divisées, ces expansions se ramollissent, deviennent flasques, en conservant leur couleur hyaline, transparentes et plissées sur leur surface; et elles offrent, çà et là enchâssés dans leur tissu, des grumeaux opaques, d'un vert tendre, de formes et dimensions variables, mais dépassant rarement 1 millimètre ou 2 millimètres au plus, et qui ne sont autre chose que des organes résineux (*). L'eau est chargée d'une substance coagulable par l'alcool et par tous les réactifs qui coagulent la substance se-

de l'eau ambiante. D'un autre côté, je soupçonnais que le sel marin pourrait bien être un agent protecteur de cette combinaison colorée, entre l'iode et la substance organique des *Fucus*, et que nos *Lichens* colorés en bleu par l'iode pourraient bien à leur tour conserver plus long temps leur coloration dans l'eau salée que dans l'eau pure. L'expérience m'apprit que je ne m'étais pas trompé; mais il faut avoir soin, dans cette expérience, d'employer un sel marin pur de tout mélange capable de saturer l'iode par des bases terreuses. La coloration bleue se conserverait peut-être indéfiniment dans un semblable liquide, si l'on pouvait y reproduire les circonstances que l'on retrouve dans les flots de la mer. Car on sait que l'eau salée, et même saturée de sel marin, est bien loin d'être un antiseptique pareil à l'eau de la mer agitée par les vents; la décomposition de l'être organisé le plus viable ne tarde pas à s'y manifester dans nos vases. En conséquence, l'iode doit être tôt ou tard forcé d'abandonner la substance organique conservée dans l'eau salée, pour se porter sur l'ammoniaque produit par la marche de la décomposition, et la substance ne tarde pas à se décolorer. Quoi qu'il en soit, cette expérience, malgré toute son imperfection, ne laisse pas que de rendre plus que probable, l'hypothèse qui nous était venue dans l'esprit, au sujet des *Fucus*.

(*) Ces organes, qu'aucun cryptogamiste n'a encore mentionnés, parce qu'on ne les aperçoit qu'après avoir dépouillé le tissu d'une grande partie du mucilage par l'ébullition, ces organes, dis-je, ne seraient-ils pas les analogues des organes mâles des végétaux d'un ordre supérieur (*voir ci-après l'analyse du pollen*)? Quant aux organes femelles, on s'accorde généralement à les reconnaître dans les petites capsules qui naissent sur les bords des expansions de ces sortes de lichens. Lorsqu'on plonge, dans une solution d'iode, une expansion crue, ces organes mâles se dessinent sur la couleur bleue, comme des taches jaunes.

luble de la fécule (909), et elle se colore en bleu par une forte solution d'iode; mais à l'œil nu on distingue très bien, à travers ce bleu, des particules infiniment petites, qui restent blanches et rendent le liquide louche et à demi laiteux, quoiqu'au microscope l'eau n'offre rien qu'on puisse assimiler à des téguments; au bout de vingt-quatre heures, ces particules se précipitent au fond du vase, et si on a eu soin de colorer préalablement le liquide par l'iode, on distingue alors dans le fond, une couche incolore, blanche, avec une légère teinte bleue, surmontée par un liquide limpide et d'un bleu franc, qu'on peut ainsi décanter et obtenir séparément; c'est la substance soluble de la fécule obtenue à l'état de pureté. Cette substance prend une teinte jaunâtre due à une matière colorante, qui, étant également soluble dans l'eau, ne peut être isolée; ce qui prouve l'existence des téguments colorables par l'iode, c'est que l'ébullition la plus prolongée des fragments de ces expansions, en les dépouillant de presque toute leur substance soluble, n'enlève jamais au tissu insoluble, la faculté de se colorer en bleu plus ou moins violâtre par l'iode (999).

1039. Quand on observe au microscope une de ces expansions colorées par l'iode, il est facile de s'assurer que la substance féculente ne se trouve pas dans l'enveloppe externe, d'où partent immédiatement les papilles, qui à l'œil nu apparaissent comme des cils. Car on voit distinctement cette enveloppe externe et ces cils se détacher sur les bords, avec leur transparence, leur couleur jaunâtre et leur contexture granulée, de la masse interne qui est opaque et colorée en bleu très foncé.

1040. Il résulte de ces observations que les lichens renferment la substance soluble de la fécule, dans des téguments qui refusent de s'isoler les uns des autres, et restent emprisonnés, avant comme après l'ébullition, dans le tissu qui les engendre. La fécule de *massette* (993) nous a présenté un phénomène intermédiaire entre celui que nous offrent les

lichens, et celui que nous offrent les autres végétaux qui renferment de la fécule. Si donc je me suis servi de l'expression de *substance féculoïde de lichen*, c'était moins, pour désigner une nouvelle substance chimique, qu'une nouvelle modification physique d'une substance identique.

1041. Cependant les chimistes en ont jugé autrement ; et si leurs expériences représentaient fidèlement ce qui se passe dans la nature, il faudrait, contre leur sentiment, classer la substance féculente des lichens bien loin des fécules ordinaires. Mais il est assez facile de prouver que la substance qu'ils ont décrite est le produit du laboratoire et non celui de la végétation. « D'après Berzélius (*Chim. trad.*, tom. V, p. 210), » on extrait l'amidon des lichens de la manière suivante : on » hache le lichen très fin, et l'on en fait digérer une livre » dans dix-huit livres d'eau, dans laquelle on a dissous une » once de POTASSE DU COMMERCE. On laisse le lichen pendant » vingt-quatre heures dans cette eau, en ayant soin de remuer » souvent le mélange. L'alcali dissout un principe amer (*), » presque insoluble dans l'eau, ET LA LIQUEUR SE COLORE EN » BRUN. On pose le lichen sur un linge, on laisse égoutter la » lessive, puis on la fait macérer avec une nouvelle quan- » tité d'eau, et l'on continue ainsi, tant que celle-ci paraît » amère et alcaline. Le lichen ne doit pas être exprimé ; car » pendant ce traitement, UNE GRANDE QUANTITÉ D'AMIDON A ÉTÉ » MISE A NU, et suit l'eau sous forme de petits grumeaux » transparents. On fait bouillir alors le lichen avec neuf livres » d'eau, jusqu'à ce qu'il n'en reste que six livres, on passe la » dissolution toute chaude à travers un linge, et on exprime » le résidu. La liqueur filtrée est limpide et incolore ; pendant » le refroidissement, elle se couvre d'une pellicule, et se

(*) Ce principe amer réside sans aucun doute dans les organes mâles, dont nous avons déjà parlé, de même que la substance que les uns ont désignée sous le nom de corps gras résineux, et les autres sous celui de cire, et qui n'est autre chose que l'association artificielle de la cire et de la résine qu'on rencontre dans les pollens ordinaires.

» prend à la fin en une gelée opaque, grisâtre, qui se con-
» tracte peu à peu, se fendille, et rejette le liquide dans le-
» quel elle était dissoute; si on la suspend dans une toile de
» lin, ou qu'on la laisse sur du papier gris, le liquide s'écoule
» peu à peu. Complétement desséchée, elle est noire, dure et
» à cassure vitreuse. Dans l'eau elle se gonfle et perd sa cou-
» leur, qui provient d'une matière extractive devenue insoluble;
» dissoute dans l'eau bouillante, elle donne après le refroidis-
» sement une gelée tout-à-fait incolore, mais opaque. Elle a
» une légère odeur de lichen, mais point de saveur; elle est in-
» soluble dans l'alcool et dans l'éther, peu soluble dans l'eau
» froide. Dans l'eau bouillante l'amidon se rassemble à la sur-
» face de la liqueur, SOUS FORME D'UNE PEAU qui se contracte peu
» à peu, forme UN CORPS RABOTEUX, SE DESSÈCHE ET POSSÈDE
» TOUTES LES PROPRIÉTÉS DE L'AMIDON. Par une ébullition pro-
» longée long-temps, l'amidon de lichen perd la propriété de
» se prendre en gelée. L'IODE LE COLORE FAIBLEMENT, la cou-
» leur produite tient du BRUN ET DU VERT, etc. »

1042. Voilà certes une bien singulière fécule qui, obtenue à l'état de la plus grande pureté, s'il faut en juger au moins par la complication des procédés, ne se colore plus comme l'amidon, mais bien en brun-verdâtre, n'est plus blanche, mais brune et noire après la dessiccation, se coagule comme l'albumine par l'ébullition, et qui est alors insoluble à froid dans l'eau. Vraiment les chimistes n'ont pas été conséquents avec eux-mêmes en conservant à cette substance le nom d'amidon; on a créé des dénominations nouvelles sur des caractères bien moins nombreux et bien moins tranchés. Heureusement, comme je l'ai déjà fait observer, tous ces caractères sont artificiels, et je le prouve.

1043. La substance soluble de la fécule des lichens, obtenue par le procédé si simple que j'ai indiqué, a tous les caractères de solubilité, d'aspect et de coloration des substances solubles de toutes les autres fécules. Obtenue par les procédés compliqués de Berzélius, elle a tout perdu de

ce qui la constituait fécule, hors le nom que veut bien lui laisser l'auteur. Il est facile de concevoir qu'il y a ici altération et non isolement d'une substance ; or, cette altération est incontestablement le fait de la potasse, dans laquelle on a laissé digérer les fragments de lichen. Cet alcali s'est introduit dans le tissu, de manière que par les plus grands lavages il serait impossible de l'en séparer; sa présence altère et ce tissu et les substances organiques qu'il renferme, ainsi que nous aurons l'occasion de le faire remarquer plus bas, en nous occupant spécialement des effets de ces sortes d'altérations. Nous y verrons que le dernier résultat des altérations produites par cet alcali est de coaguler les substances solubles et gommeuses, de les jaunir et de les carboniser plus ou moins. Il n'y a donc rien d'étonnant que la substance féculente que nous avons obtenue si blanche, si soluble et se colorant en si beau bleu par l'iode, Berzélius l'ait obtenue sous forme de peau noire, à cassure vitreuse, se colorant en vert brun par l'iode, et refusant de se redissoudre même dans l'eau chaude. Quelle si grande nécessité existe-t il donc de traiter le lichen par la potasse? Pour dissoudre la substance amère? Mais celle-ci est si peu soluble dans l'eau que sa présence modifiera à peine la saveur de la substance soluble; du reste vous en tiendrez compte. D'un autre côté, la potasse ne dissout pas toute la quantité de cette substance amère; car, quelque divisés que soient les fragments de lichen, il y aura toujours des portions si bien emprisonnées dans le tissu, que la potasse ne pourra pas les extraire, à moins d'être employée en quantité telle que les tissus en seraient tout altérés. Ainsi, même après ce traitement, le liquide renfermera toujours, quoi qu'on fasse, une certaine quantité de cette substance amère. D'un autre côté, l'eau alcalisée dissoudra, outre cette substance amère, une immense quantité de substance soluble de la fécule; en sorte que, d'après le traitement de Berzélius, les lichens épuisés par les lavages renfermeront bien plus de ce mucilage coagulable et

précipitable, que d'amidon; et le résidu de l'ébullition et de la dessiccation en offrira d'autant moins les caractères d'une substance féculente; l'iode, colorant en jaune les tissus naturels et artificiels, déjà colorés en partie en brun par la potasse, et en bleu, la faible quantité de substance féculente non altérée, donnera alors cette couleur brun-verdâtre qu'a observée Berzélius.

1044. En résumé, pour obtenir la substance soluble de la fécule des lichens, divisez autant que possible leurs expansions, après les avoir bien dépouillées des corps étrangers qui s'y attachent; faites-les bouillir dans un excès d'eau. Abandonnez à lui-même le liquide décanté, deux ou trois jours, dans un lieu frais, enfin jusqu'à ce qu'un précipité floconneux ait lieu; filtrez le liquide, et vous aurez là la substance soluble, dans son plus grand état de pureté. La substance amère, si peu soluble dans l'eau, ainsi que presque toute la substance qui colore le liquide en roussâtre, finiront par se précipiter de la même manière, enveloppées par le mucilage coagulé, dont nous venons de parler. Ou bien clarifiez au noir animal et à l'albumine, faites bouillir une seconde fois et filtrez; vous obtiendrez peut-être la substance féculoïde pure, dans un plus bref délai (*).

§ XIV. APPLICATIONS PRATIQUES DES EXPÉRIENCES EXPOSÉES DANS LES DOUZE PARAGRAPHES PRÉCÉDENTS.

1045. Les fécules obtenues à l'état de pureté, et dépouillées des substances étrangères qui peuvent rester adhérentes à la surface de leurs grains intègres, sont toutes chimique-

(*) Je ne serais pas éloigné d'attribuer, à la présence de ce mucilage, la promptitude, avec laquelle la couleur bleue imprimée par l'iode disparaît à plusieurs reprises, même dans un flacon bouché. Les sels emprisonnés dans les mailles imperceptibles de ces fragments s'empareraient, dans cette hypothèse, de l'iode; car, après trois ou quatre nouvelles colorations, la couleur ne disparaît pas.

ment identiques, et toutes également propres aux divers usages auxquels on les destine. Il en est pourtant, comme la fécule de bryone (*Bryonia alba*, L.), qui retiennent toujours, quoi qu'on fasse, des quantités appréciables de la substance vénéneuse qui leur est associée dans les organes de la plante. On emploie alors, à l'effet de dépouiller ces fécules de cette substance étrangère, un acide ou un alcali (la potasse) assez étendu, pour ne point attaquer les téguments de la fécule (933), tout en dissolvant le principe amer et malfaisant.

1046. Économie domestique. — Il arrive très souvent, au moins à Paris, que la fécule que l'on soumet à l'ébullition dans le lait, après s'être un instant épaissie, devient, par une ébullition un peu plus prolongée, aussi fluide que le lait lui-même. Cela résulte de l'action du sous-carbonate de potasse, avec lequel les nourrisseurs de la capitale sophistiquent leur lait, afin de l'empêcher de tourner. Ce sel corrode et finit par déchirer les téguments de la fécule, et par rendre rigides leurs fragments, ce qui s'oppose à la formation de l'empois (937). Peut-être serait-ce là un moyen de reconnaître la sophistication?

1047. Repassage du linge. — Pour repasser le linge, on peut employer, non seulement l'amidon de froment, mais encore la fécule de pomme de terre, celle des marrons d'Inde, etc.; et d'un autre côté on peut en faire usage, soit à froid, soit à chaud, à l'état d'empois ou à l'état de poudre. Dans ce dernier cas, l'effet sera le même, si les fers à repasser sont suffisamment échauffés; il suffit de délayer en effet la fécule dans un peu d'eau, d'en imprégner le linge, en le battant entre les mains, et d'appliquer le fer chaud quand le linge est encore humide; les grains de fécule éclateront sous l'influence de la chaleur, les téguments s'étendront en se combinant avec l'eau dont le linge est imprégné, la substance soluble se dissoudra en partie dans cette hu-

midité, et le linge sera collé et séché par le même coup de main; mais il le sera plus régulièrement et d'une façon plus fine.

1048. Nutribilité de la fécule. — La fécule n'est réellement nutritive pour l'homme qu'après l'ébullition; la chaleur de l'estomac ne suffit pas pour faire éclater tous les grains de la masse féculente, que l'on soumet à la rapide élaboration de cet organe. L'estomac des bestiaux, volailles, enfin de tous les animaux herbivores, paraît jouir sous ce rapport d'une propriété particulière; car ils ne dévorent les substances féculentes qu'à l'état de crudité. Cependant des expériences récentes constatent les heureux effets de la cuisson des pommes de terre qu'on leur sert, et de la panification de la farine d'avoine, par laquelle on remplace les grains entiers de cette céréale. Quoi qu'il en soit, il est évident, que les grains broyés sont, pour ces animaux, bien plus nutritifs que les grains entiers, qu'ils rendent, en si grand nombre, aussi intacts qu'ils les ont avalés. Qu'ensuite la substance soluble soit plus nutritive que les téguments, c'est une hypothèse et non un fait démontré; nous renvoyons à l'article de la digestion, les développements relatifs à la nutrition et à la qualité des substances alimentaires.

1049. Panification. — Elle a pour but de faire éclater tous les grains de fécule, qui se trouvent associés à une substance éminemment fermentescible, dont nous nous occuperons plus bas, et que l'on nomme *gluten*. Les pains les plus beaux et les mieux cuits sont ceux qui proviennent des farines riches en un *gluten* élastique; car alors le gluten, se soulevant en larges crevasses, par la dilatation des gaz qu'il emprisonnait, permet à chaque grain féculent d'assister à la communication du calorique et d'éclater comme par l'ébullition. Aussi, après la panification, si la pâte a été préalablement bien pétrie, ne trouve-t-on plus dans la pâte un seul

grain de fécule intègre. Le pain sera donc d'autant plus mat et moins bien cuit qu'il renfermera moins de ce gluten élastique ; voilà pourquoi les pains de seigle et d'orge, toutes choses égales d'ailleurs, sont moins nourrissants que les pains de froment. Le pain de froment sera à son tour d'autant plus mat et moins parfait, que la farine aura été plus ou moins mélangée avec telle ou telle farine ou avec telle ou telle fécule.

1050. On a observé que plus on mêlait de fécule étrangère à la farine, moins le pain acquérait de poids. Ainsi de farine donnent 8 de pain, tandis que 3 livres de farine de froment mélangés à 3 livres de fécule de pomme de terre ne donnent que 6 livres de pain. En voici la raison : les grains de fécule ne s'imbibent pas d'eau, ils ne font que s'en mouiller; en d'autres termes, ils ne retiennent l'eau que par adhérence; le gluten, au contraire, s'imbibe d'eau, comme le ferait une éponge; plus on le pétrit et plus il en absorbe; or, c'est l'eau, dans cette circonstance, dont le poids s'ajoute au poids de la farine. Deux raisons s'opposent donc à ces sortes de mélanges ; et cette sophistication, pour n'être pas un crime, n'en est pas moins une fraude; puisque le résultat immédiat est de diminuer à la fois le poids et la qualité nutritive du produit.

1051. Sophistication des farines par la fécule. — Pendant les trois ou quatre années qui précédèrent la publication de la première édition de cet ouvrage, je rencontrai peu de farines, vendues sur le marché de la capitale, qui ne continssent une quantité appréciable de fécule de pomme de terre. Celle-ci était à si bas prix, que le vendeur pouvait gagner 25 pour 100 par ce mélange. Quoique sa présence n'altère en rien l'aspect de la farine de froment, cependant, avec un peu d'habitude, on vient à bout de la découvrir à l'œil nu, quand elle s'y rencontre en assez grande quantité; la farine a un aspect cristallin, qui ne lui est pas ordinaire. Au micro-

scope la fraude devient des plus faciles à découvrir, et je me ferais fort de la déceler, quand même la farine n'en renfermerait qu'un centième. Depuis cette époque, le prix de la fécule de pomme de terre s'est tellement élevé, par suite de la multiplicité de ses emplois, que les marchands de farine n'ont plus trouvé un assez grand bénéfice à sophistiquer leurs denrées par le mélange de cette espèce de fécule, et la fraude est devenue moins fréquente. Les fournisseurs des établissements publics, obligés d'acheter l'indulgence ou la connivence de bien des employés, sophistiquent la farine convenue, avec des farines plus grossièrement obtenues des graines de rebut, telles que les féverolles, les mauvais pois et même les vesces, etc. (*). Si l'on peut se procurer une minime quantité de ces farines, ou trouver, dans le pain, un de ces grumeaux intacts de farine que les boulangers nomment des *marrons* (960), il sera possible, avec le secours des nombres et des figures que je publie (1036), de découvrir la nature du mélange. Qui se méprendrait sur la fécule de seigle, de lentilles, de pomme de terre? Souvent, sans pouvoir préciser la nature de la substance étrangère, il sera facile d'obtenir un résultat négatif. Soit une farine donnée comme de la farine de froment; si les grains de fécule les plus gros, au lieu d'atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre, restent presque au-dessous de $\frac{1}{40}$, il sera évident que l'assertion est fausse. Pour arriver ensuite à un second résultat positif, il sera nécessaire d'avoir recours, et à des données statistiques et commerciales, sur le prix et l'origine des substances dont on soupçonne la présence, et à l'analyse en grand, et quelquefois à l'analyse microscopique et comparative des divers organes répandus au hasard dans cette farine. Nous verrons plus bas à quels organes on reconnaît la farine des céréales au microscope (**).

(*) Voyez le *Lycée*, 4 décembre 1831.

(**) Nous ne saurions trop inviter les botanistes à dessiner les grains de fécule des plantes dont ils publient les figures, comme ils dessinent les grains de pollen, et d'en noter la grandeur réelle.

1052. Ainsi, la sophistication d'une farine est susceptible d'être constatée en quelques minutes, à l'aide des notions contenues dans l'histoire de la fécule, et surtout à l'aide de la pl. 6 du présent ouvrage. Un coup d'œil suffira pour reconnaître les différences dans la forme du grain. L'emploi du *micromètre* (504) indiquera sur-le-champ les différences de grandeurs, et dispensera du procédé de la double vue, procédé fatigant pour certaines personnes; quant à la qualité du microscope, le microscope simple (430) et une lentille de $\frac{1}{2}$ ligne de foyer, rempliront amplement toutes les conditions de cette expérience. C'est avec ce simple appareil, que nous nous sommes fait fort, en plus d'une circonstance, de reconnaître, à la minute même, la sophistication d'une farine par $\frac{1}{100}$ de fécule de pomme de terre, et que nous avons eu plus d'une occasion de tenir notre promesse. Mais les membres de nos Sociétés d'encouragement ne se rendent pas à l'évidence qui ne leur vient pas de quelque coin officiel; quant aux membres du conseil de salubrité publique (*), ils ont des raisons palpables, pour se montrer rétifs à certains avertissements. Aussi avons-nous vu, depuis la publicatian de ce livre, les facteurs de la halle au blé, les syndics de la boulangerie, réunir à ce sujet leurs vœux à ceux de la *Société d'encouragement*, Société qui, encourageant tout ce qui se présente à elle, a le grand malheur d'encourager après coup, et de récompenser de fort singulières choses; et il a été proposé un prix à l'auteur, qui indiquerait le meilleur procédé, pour découvrir, si les farines sont pures ou sophistiquées par la fécule de pomme de terre, et en quelles proportions celle-ci entre dans la sophistification. Il était sous-entendu qu'on n'accepterait pas le

(*) Ne confondez pas ce conseil, qui est dans les attributions de la préfecture de police, avec le conseil de santé qui est dans celles du ministère de la guerre; nous devons un hommage éclatant à l'impartialité, à la sollicitude et au désintéressement de cette réunion de capacités, parmi lesquelles nous nous plaisons à citer Fauché et le novateur Broussais.

procédé si simple et si expéditif de la nouvelle méthode, et qu'il en fallait un conforme aux vieilles habitudes de ces messieurs. Différents travaux et différents bouts de note ont été présentés au jugement de ces diverses corporations, et il s'est trouvé jusqu'à présent que nul n'avait rempli les conditions du programme. Les uns ont comparé les diverses colorations que donnait l'iode aux divers mélanges; les autres ont commencé par séparer le gluten de l'amidon, par établir séparément le poids des deux substances; ensuite, suivant en partie l'idée que nous avions indiquée dans notre analyse du pain des prisons, ils ont cherché à mesurer les couches du précipité féculent, bien sûrs que la fécule de pomme de terre étant plus grosse et plus pesante que la fécule de froment, se précipiterait plus vite et formerait sa couche au fond du vase avant celle-ci; à cette indication ils joignaient la coloration par l'iode, qui affecte, sur la fécule de froment, une nuance toute autre que sur la fécule de pomme de terre. Or, rien de tout cela ne saurait fournir des règles fixes et invariables.

En effet, la coloration peut bien indiquer une différence entre l'amidon de froment ordinaire et la fécule de pomme de terre intègre; car l'amidon de froment est mêlé à des sels en grand nombre qui sont capables d'enlever l'iode à la fécule, il est mêlé à des parcelles de gluten, qui sont dans le cas de masquer et d'altérer la coloration bleue; mais encore la plupart de ses grains sont déchirés par la meule, et cèdent au liquide leur substance soluble, qui se colore en bleu moins intense ou plutôt en violet, et doit nuancer d'autant la coloration des grains intègres. Or, après quelques essais préliminaires, les sophistificateurs ne manqueraient pas d'imprimer tous ces caractères à la fécule de pomme de terre, en l'imprégnant de sels peu solubles, d'huile ordinaire, ou enfin en la torréfiant légèrement, pour que l'eau de la malaxation dissolve une partie de la *substance soluble*. D'un autre côté, ce n'est pas seulement avec la fécule de pomme de terre qu'on peut sophistiquer les farines; nos lupins, nos mauvaises lé-

tilles, nos pois avariés, etc., serviraient tout aussi bien à ce but. Il faudrait donc préalablement avoir constaté le mode de coloration non seulement de ces diverses substances, mais encore celui qui résulterait de leur mélange en diverses proportions.

Sans doute la fécule de pomme de terre est plus pesante que celle de froment; car ses grains, plus gros, sont plus intègres, plus arrondis et moins altérés, et par conséquent cèdent moins de leur substance incluse au liquide. Dans l'acte de la précipitation, ils formeront donc la couche inférieure, et l'amidon de froment la couche supérieure. Mais cette indication ne saurait être généralisée; il est en effet une foule de fécules aussi légères que celles du froment; il en est une foule d'autres aussi pesantes que celle de la pomme de terre; et toutes peuvent, à la faveur de la torréfaction, devenir aussi légères que celle du froment. La valeur de cette indication se réduit donc à celle d'un fait particulier.

Quant à la constatation des proportions relatives des divers éléments du mélange, dans l'état actuel de la science, il serait absurde d'y prétendre. Non seulement, en effet, la quantité de gluten, qui par sa ductilité se prête à la malaxation, varie dans la même graine farineuse, selon les divers terrains et les circonstances météorologiques de la saison; mais encore la moindre petite modification apportée à la malaxation de la farine est dans le cas de faire varier à l'infini les proportions relatives de la substance glutineuse et de la fécule, ainsi que nous le démontrerons plus amplement à l'article du gluten. C'est ce qui fait que jamais il n'est arrivé, je ne dirai pas à deux auteurs, mais au même auteur, de se rencontrer dans les nombres de deux analyses différentes de la même farine.

En conséquence, dans l'intérêt de leur temps, et pour nous épargner de trop longues réfutations, nous invitons les *Sociétés d'encouragement* à ne plus encourager aucun procédé fondé sur de pareilles méthodes; de pareils encouragements profitent bien moins à la bonne foi de l'acheteur, qu'à la so-

phistication du vendeur, qui se joue du procédé, et s'en sert même pour mieux tromper, sous le masque de l'analyse et de la vérification légale.

THÉRAPEUTIQUE.

1053. La fécule est ordonnée en médecine aux estomacs faibles et valétudinaires ; mais il est évident que la fécule pure étant, dans tous les végétaux, identique chimiquement, doit être identique quant à ses propriétés médicales. Il y aurait donc du charlatanisme à imposer au malade l'usage de l'une plutôt que de l'autre, et de préférer, sous ce rapport, une fécule exotique et d'un prix plus élevé à une fécule indigène et moins chère. En conséquence le sagou (1011), qu'il est si facile de contrefaire, et l'arrow-root (1025), doivent dans tous les cas être remplacés, par la fécule de pomme de terre au besoin torréfiée.

Il n'en est pas de même du salep (1033) et du lichen (1037). Car le salep agit, non seulement par sa fécule, mais encore par son mucilage et son arome, qu'on ne rencontre pas associés à la fécule des autres végétaux, et qui le rendent éminemment utile aux personnes épuisées par des excès vénériens. Il faut en dire autant du lichen, qui, outre son arome propre, son mucilage et sa substance féculoïde, possède encore une substance amère, laquelle peut ajouter des propriétés vermifuges à ses propriétés pectorales et adoucissantes.

1054. Comme fécule pure, celle de la pomme de terre est préférable à toutes nos fécules indigènes, à cause et de la facilité avec laquelle ses grains si intègres se dépouillent, par les lavages, des substances étrangères que peuvent renfermer les tubercules de cette solanée, et du bas prix auquel on peut se la procurer. L'amidon de froment ne présente pas tous ces avantages, et retient toujours, quoi qu'on fasse, une portion des substances acides, résineuses et glutineuses, qui exi-

taient avec lui dans la graine, ou qui se sont formées dans l'acte de la fermentation.

ART DU FÉCULISTE ET DE L'AMIDONNIER.

1055. GÉNÉRALITÉS. — La mouture altérant considérablement les grains de fécule (1018), il s'ensuit une grande perte dans l'extraction. D'un autre côté la chaleur produite par la fermentation fait éclater un assez grand nombre de grains, et pourtant la fermentation est nécessaire pour décomposer le gluten de la farine. Il y aurait un moyen d'éviter ces deux occasions de déchet, en employant, pour l'extraction de l'amidon, les grains de céréales, avant leur complète maturité, et à l'époque ou le périsperme s'échappe tout laiteux sous la pression des doigts; car à cette époque les grains d'amidon sont parvenus à leur maximum d'accroissement, et le gluten n'a pas encore acquis ses propriétés ordinaires; en sorte qu'il est à présumer que les grains de fécule extraits à cette époque tomberont tous au fond du vase, sans entraîner avec eux aucune parcelle de gluten assez appréciable pour nécessiter une fermentation. Le déchet serait nul, et la perte de temps moins grande (*). Dans plusieurs pays, les amidonniers semblent avoir pressenti l'efficacité de ce moyen; car, au lieu de se servir de farine de mouture, ils laissent tremper dans l'eau les grains de céréales, jusqu'à ce qu'ils se ramollissent, et qu'ils donnent un suc blanc par la pression. Alors ils les enferment dans des sacs de grosse toile, qu'ils soumettent à la presse à plusieurs reprises, ayant soin de les tremper dans l'eau, à chaque nouvelle pres-

(*) Mais il est utile de faire observer que ce blé scié avant sa complète maturité serait d'une moins bonne qualité pour les semailles, et que sa grande douceur le rendrait facilement attaquable par les charançons. Comme substance alimentaire, sa farine étant plus blanche et plus douce, est, de temps immémorial, plus recherchée, dans certaines provinces de l'Allemagne, que celle du blé parvenu à sa parfaite maturité.

sion. Il est vrai qu'ensuite ils font fermenter toutes les eaux obtenues, lavent le dépôt qui s'y forme, et le dessèchent à une douce chaleur; mais au moins ils n'ont là que le déchet provenant de la fermentation, et ils évitent celui qui proviendrait de l'altération des grains de fécule écrasés par la meule.

1056. Dans ces diverses opérations, on sacrifie le gluten, qui se dissout par l'acidification dans le liquide, et qui dès lors n'est susceptible que de servir à des destinations accessoires, que pourraient remplir avec un égal avantage des produits d'une moindre valeur. On s'occupe aujourd'hui de recueillir le gluten, et pour cela on extrait la fécule par le procédé de la malaxation, modifié d'après l'échelle d'une fabrication en grand. Nous allons décrire les divers procédés de fabrication qui ont pour but l'extraction de la fécule.

La fécule se trouvant renfermée dans des organes d'une structure physique différente, les procédés d'extraction doivent nécessairement varier d'après cette indication; et il est évident qu'on aura recours à des modes divers, selon que le tissu féculigère sera glutineux (*céréales*), ou ligneux (*pommes de terre*, *moelle*, *racines*, etc.).

1057. EXTRACTION DE LA FÉCULE CONTENUE DANS LES TISSUS LIGNEUX. Elle se résume en deux opérations principales, et dont les procédés employés dans la fabrication en grand ont pour but d'abréger la durée : l'une consiste à déchirer les cellules ligneuses du tissu féculigère, et l'autre à isoler et recueillir séparément les grains d'amidon qui se détachent des parois béantes. Que l'on râpe un fragment de pomme de terre, avec une râpe ordinaire, au-dessus d'un simple verre, dont on aura eu la précaution de recouvrir les bords avec un linge ; si l'on verse, sur le marc retenu par ce filtre, une certaine quantité d'eau, en remuant la masse, on verra au bout de quelques minutes le fond du verre se couvrir d'une poudre blanche comme la neige, d'un aspect cristallin, qu'on

reconnaîtra pour de la fécule. Après deux ou trois lavages à l'eau ordinaire, cette petite quantité aura acquis toute la pureté de la fécule du commerce; et il n'est pas de ménage qui ne puisse, à peu de frais, et à la faveur de ce procédé si peu compliqué, se procurer une quantité de cette substance suffisante pour sa consommation. Mais le temps est la matière première de l'industrie en grand; elle le vend et elle l'achète, et partant elle l'économise; tout ce qui abrège la durée de ses opérations est un profit, tout ce qui l'alonge est une perte; c'est dans la perfection des machines qu'elle cherche la solution de ce problème, d'où dépend sa fortune; aussi dans les usines en grand, l'opération si simple que nous venons de décrire, exige des appareils assez compliqués.

1° *Féculerie de pommes de terre.*

1058. La meilleure position pour une féculerie est en général le bord d'un courant d'eau, qui serve de moteur à la machine, et fournisse abondamment au lavage et au tamisage. Je ne conçois pas comment on n'a pas encore établi dans les grandes villes des féculeries sur des barques; l'appareil y gagnerait en vitesse et en simplicité. Soit en effet un cylindre à claire-voie, tapissé çà et là de brosses en crin, recevant par une trémie les pommes de terre à laver, et tournant sur un axe incliné, dans le sein de l'eau même; l'eau qui le mettra en mouvement, entraînera du même coup le sable et les impuretés insolubles, dont la fabrication a intérêt de dépouiller la surface des pommes de terre; au sortir de ce cylindre incliné, les pommes de terre tomberaient dans une bâche, où elles seraient reprises par une chaîne sans fin à godets, qui, mise en mouvement par le même moteur que le cylindre, reporterait en haut les pommes de terre, pour les verser dans la trémie à râper, versant en même temps de chaque godet, une quantité d'eau destinée à laver la pulpe produite par le râpage, et à entraîner la fécule, à travers les mailles du blut-

toir, dans la cuve qui la recueille. La surveillance d'un ouvrier suffirait à l'économie d'une pareille usine, qui fonctionnerait toujours; et le premier mécanicien venu est dans le cas d'exécuter ce plan à peu de frais et sur le moindre espace possible; car toute l'opération se réduit à laver les pommes de terre, les transporter sur la râpe, recevoir et laver la pulpe, recueillir et laver la fécule qui s'écoule à travers les mailles du tamis ou bluttoir.

1059. Dans les usines éloignées des grands cours d'eau, on obtient ce résultat avec un peu plus de dépense de main-d'œuvre; l'eau qui alimente le lavage des pommes de terre et de la pulpe, est déposée dans un réservoir supérieur, d'où elle coule, et parvient à ses diverses destinations par tout autant de conduits. L'un de ces conduits l'amène sur la surface supérieure du cylindre à claire-voie et mobile sur son axe, dans lequel les pommes de terre descendent par une trémie, et d'où elles vont se rendre dans une auge, où la chaîne sans fin et à godets les reprend et les reporte sur la trémie qui les jette sur la râpe. La pulpe tombe dans un bluttoir ou tamis cylindrique, qui laisse passer la fécule à travers ses mailles, et déjette à l'une de ses extrémités la pulpe épuisée de cette substance. Après cette opération mécanique, on lave le dépôt formé par la fécule, et l'on sèche cette substance à l'étuve.

1060. Il est rare que le prix de tous les appareils réunis que réclame la fabrication en grand de la fécule, s'élève au-dessus de 1,500 à 2,000 fr. Mais il ne faudrait pas croire que l'ensemble de ces appareils soit indispensable à cette fabrication. En effet, tout ce qu'on opère, dans cet art, avec les machines, peut s'opérer avec un égal succès à la main et avec des ustensiles que l'on trouve partout. La perte de temps est seulement un peu plus grande, mais cette perte-là est de minime valeur, là où l'on a tant de temps à perdre sans rien faire; et nous ne concevons pas comment il arrive que, dans nos fermes, où l'hiver est si improductif, on ne s'applique point à l'extraction de la fécule, non seulement

des pommes de terre, mais encore des fruits et des diverses racines indigènes, qui recèlent en moindre quantité cette substance. Le fermier ne manquerait jamais de trouver un débouché à sa denrée, alors même qu'il renoncerait à l'avantage de consacrer sa petite féculerie ou à la distillation, dont nous aurons à nous occuper plus bas, ou à la confection du vinaigre.

Le procédé du féculiste n'est pas plus compliqué que nous venons de le décrire; nous allons passer à quelques considérations sur chacune de ses opérations et sur l'emploi des déchets.

1061. Avant de s'approvisionner de pommes de terre destinées à cette fabrication, il sera bon de s'assurer, par une expérience préalable, de la qualité qui, au moindre prix, donne la plus grande quantité de fécule; la fécule se trouvant tout aussi bien dans les pommes de terre de mauvaise que de bonne qualité, il y a avantage à se servir des premières que l'on achète toujours à vil prix; les pommes de terres avariées, à demi gâtées et gelées même ne laissent pas que de donner en fécule un louable produit. Or, à ce sujet les règles et les données commerciales, agricoles et industrielles, varient selon les divers bassins géographiques et selon les diverses natures de terrain. Ne vous engouez jamais d'après les annonces payantes des journaux de la capitale, et encore moins d'après les rapports avantageux des membres industriels de nos diverses sociétés savantes, qui vantent, d'un côté, comme académiciens, des produits qu'ils vendent de l'autre comme fabricants ou intéressés à la fabrique; apprenez enfin à croire à votre compétence, et à ne pas attendre, sur toutes les questions, votre salut d'en haut. Seulement procédez par des tâtonnements sagement raisonnés, et ne vous décidez que d'après l'évidence.

La moyenne du produit des pommes de terre en fécule, est de 25 kilogrammes de fécule verte, c'est-à-dire non desséchée à l'étuve, ou 16 de fécule sèche, par 100 kilog. de pommes de terre; les 100 kil. de bonnes pommes de terre coûtent en moyenne 1 fr. 50 c., et la fécule sèche vaut 24 fr. les 100 kil. La farine de froment vaut 40 fr. les 100 kil. en moyenne.

scope la fraude devient des plus faciles à découvrir, et je me ferais fort de la déceler, quand même la farine n'en renfermerait qu'un centième. Depuis cette époque, le prix de la fécule de pomme de terre s'est tellement élevé, par suite de la multiplicité de ses emplois, que les marchands de farine n'ont plus trouvé un assez grand bénéfice à sophistiquer leurs denrées par le mélange de cette espèce de fécule, et la fraude est devenue moins fréquente. Les fournisseurs des établissements publics, obligés d'acheter l'indulgence ou la connivence de bien des employés, sophistiquent la farine convenue, avec des farines plus grossièrement obtenues des graines de rebut, telles que les féverolles, les mauvais pois et même les vesces, etc. (*). Si l'on peut se procurer une minime quantité de ces farines, ou trouver, dans le pain, un de ces grumeaux intacts de farine que les boulangers nomment des *marrons* (960), il sera possible, avec le secours des nombres et des figures que je publie (1036), de découvrir la nature du mélange. Qui se méprendrait sur la fécule de seigle, de lentilles, de pomme de terre? Souvent, sans pouvoir préciser la nature de la substance étrangère, il sera facile d'obtenir un résultat négatif. Soit une farine donnée comme de la farine de froment; si les grains de fécule les plus gros, au lieu d'atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre, restent presque au-dessous de $\frac{1}{40}$, il sera évident que l'assertion est fausse. Pour arriver ensuite à un second résultat positif, il sera nécessaire d'avoir recours, et à des données statistiques et commerciales, sur le prix et l'origine des substances dont on soupçonne la présence, et à l'analyse en grand, et quelquefois à l'analyse microscopique et comparative des divers organes répandus au hasard dans cette farine. Nous verrons plus bas à quels organes on reconnaît la farine des céréales au microscope (**).

(*) Voyez le *Lycée*, 4 décembre 1831.

(**) Nous ne saurions trop inviter les botanistes à dessiner les grains de fécule des plantes dont ils publient les figures, comme ils dessinent les grains de pollen, et d'en noter la grandeur réelle.

1052. Ainsi, la sophistication d'une farine est susceptible d'être constatée en quelques minutes, à l'aide des notions contenues dans l'histoire de la fécule, et surtout à l'aide de la pl. 6 du présent ouvrage. Un coup d'œil suffira pour reconnaître les différences dans la forme du grain. L'emploi du *micromètre* (504) indiquera sur-le-champ les différences de grandeurs, et dispensera du procédé de la double vue, procédé fatigant pour certaines personnes; quant à la qualité du microscope, le microscope simple (430) et une lentille de $\frac{1}{2}$ ligne de foyer, rempliront amplement toutes les conditions de cette expérience. C'est avec ce simple appareil, que nous nous sommes fait fort, en plus d'une circonstance, de reconnaître, à la minute même, la sophistication d'une farine par $\frac{1}{100}$ de fécule de pomme de terre, et que nous avons eu plus d'une occasion de tenir notre promesse. Mais les membres de nos Sociétés d'encouragement ne se rendent pas à l'évidence qui ne leur vient pas de quelque coin officiel; quant aux membres du conseil de salubrité publique (*), ils ont des raisons palpables, pour se montrer rétifs à certains avertissements. Aussi avons-nous vu, depuis la publicatian de ce livre, les facteurs de la halle au blé, les syndics de la boulangerie, réunir à ce sujet leurs vœux à ceux de la *Société d'encouragement*, Société qui, encourageant tout ce qui se présente à elle, a le grand malheur d'encourager après coup, et de récompenser de fort singulières choses; et il a été proposé un prix à l'auteur, qui indiquerait le meilleur procédé, pour découvrir, si les farines sont pures ou sophistiquées par la fécule de pomme de terre, et en quelles proportions celle-ci entre dans la sophistification. Il était sous-entendu qu'on n'accepterait pas le

(*) Ne confondez pas ce conseil, qui est dans les attributions de la préfecture de police, avec le conseil de santé qui est dans celles du ministère de la guerre; nous devons un hommage éclatant à l'impartialité, à la sollicitude et au désintéressement de cette réunion de capacités, parmi lesquelles nous nous plaisons à citer Fauché et le novateur Broussais.

moins les grains féculents. Car la principale condition d'une étuve doit être de rester à une température telle, que les couches externes des pains n'éclatent pas et ne cèdent pas une partie de leur substance soluble à l'eau qui les humecte; ce qui ferait de chaque pain de *fécule verte* une grosse boule de *sagou artificiel* (1011). La température du local ne doit pas dépasser 30° cent. Dans le midi de la France le meilleur séchoir est le grenier de la ferme, que le soleil inonde de chaleur et de lumière, et que les fenêtres exposent à tous les vents.

1067. Après toutes ces opérations, la fécule la mieux lavée n'en conserve pas moins, en beaucoup de circonstances, un aspect bis ou gris foncé. Quelques fabricants la blanchissent au chlorure de chaux délayé dans cinq ou six fois son poids d'eau. Mais cette opération est dans le cas de laisser à la fécule une qualité qui produirait de mauvais effets en certaines circonstances, qui ferait tourner le lait, ou contrarierait les prescriptions médicales. Le fabricant doit avertir le consommateur que la fécule qu'il livre a été blanchie par ce procédé. La fécule que l'on destine aux préparations les plus délicates, ne doit devoir sa blancheur qu'à un lavage à l'eau pure, et à une dessiccation au soleil, précédée par une exposition à la rosée.

1068. On aura l'attention de ne point laisser la fécule verte exposée à une température humide, pendant un certain nombre de jours. Elle ne manquerait pas, en effet, de donner lieu, par l'élaboration des détritus organisés qui lui sont mêlés, de donner lieu, dis-je, à des végétations étiolées, si on la tenait à l'obscurité, et à des végétations verdoyantes, si elle restait dans cet état exposée à la lumière; deux sortes de productions qui ne manqueraient pas de lui communiquer un goût désagréable et des qualités nuisibles sous un certain rapport; il faut que la dessiccation soit aussi rapide que continue.

1069. Les tubercules en pleine germination, gelés ou ava-

tilles, nos pois avariés, etc., serviraient tout aussi bien à ce but. Il faudrait donc préalablement avoir constaté le mode de coloration non seulement de ces diverses substances, mais encore celui qui résulterait de leur mélange en diverses proportions.

Sans doute la fécule de pomme de terre est plus pesante que celle de froment; car ses grains, plus gros, sont plus intègres, plus arrondis et moins altérés, et par conséquent cèdent moins de leur substance incluse au liquide. Dans l'acte de la précipitation, ils formeront donc la couche inférieure, et l'amidon de froment la couche supérieure. Mais cette indication ne saurait être généralisée; il est en effet une foule de fécules aussi légères que celles du froment; il en est une foule d'autres aussi pesantes que celle de la pomme de terre; et toutes peuvent, à la faveur de la torréfaction, devenir aussi légères que celle du froment. La valeur de cette indication se réduit donc à celle d'un fait particulier.

Quant à la constatation des proportions relatives des divers éléments du mélange, dans l'état actuel de la science, il serait absurde d'y prétendre. Non seulement, en effet, la quantité de gluten, qui par sa ductilité se prête à la malaxation, varie dans la même graine farineuse, selon les divers terrains et les circonstances météorologiques de la saison; mais encore la moindre petite modification apportée à la malaxation de la farine est dans le cas de faire varier à l'infini les proportions relatives de la substance glutineuse et de la fécule, ainsi que nous le démontrerons plus amplement à l'article du gluten. C'est ce qui fait que jamais il n'est arrivé, je ne dirai pas à deux auteurs, mais au même auteur, de se rencontrer dans les nombres de deux analyses différentes de la même farine.

En conséquence, dans l'intérêt de leur temps, et pour nous épargner de trop longues réfutations, nous invitons les *Sociétés d'encouragement* à ne plus encourager aucun procédé fondé sur de pareilles méthodes; de pareils encouragements profitent bien moins à la bonne foi de l'acheteur, qu'à la so-

naux, et des parties stagnantes de nos rivières, une plante qui pullule avec une étonnante et même une embarrassante fécondité, et dont le tissu est dans le cas d'être utilisé non seulement sous le rapport qui nous occupe, mais encore pour la fabrication du papier; ce sont les diverses espèces de *chara* (charaigne) (1009[*]). La fécule remplit en effet leurs articulations et leurs graines. Les tiges de ces plantes sont incrustées extérieurement et intérieurement de carbonate de chaux, dont on les dépouillerait à la faveur du vin aigri, ou des vinaigres de rebut, ou bien de l'acide hydrochlorique étendu d'eau; on laverait ensuite la plante à l'eau courante, et on la laisserait sécher sur l'aire, pour la réduire en poudre et en extraire la fécule par la lévigation (121); ou bien on la foulerait encore tout humide, pour en déchirer le tissu. Enfin, si l'on désirait en faire du papier, on n'aurait qu'à jeter à la cuve toutes ces tiges ramollies à l'acide; et la transparence de leurs tissus, collés par la substance verte et l'albumine que chacune de leurs grandes cellules recèle, donnerait peut-être le plus solide papier transparent, du genre de celui qu'on nomme papier végétal. La fécule des articulations et des graines augmenterait encore la force de cet *encollage à la cuve*, si on avait la précaution de soumettre la masse à un certain degré de chaleur, avant de la jeter au pilon. Nous sommes presque convaincu que cette indication donnée par nous depuis long-temps au commerce, n'a pas été négligée par tous les fabricants.

1073. Les résidus de la pomme de terre dont on extrait la fécule, ne doivent pas être considérés comme des objets de rebut. L'eau de lavage, chargée qu'elle est de mucilage et de sels potassiques, peut servir d'engrais liquide surtout pour les gazons et les céréales, et d'eau de lessive pour nettoyer le linge. La pulpe qui formerait un excellent engrais, faute d'en-

(*) Voyez *Nouveau syst. de physiolog. végét. et de botanique*, tom. II. § 2077, 1836.

taient avec lui dans la graine, ou qui se sont formées dans l'acte de la fermentation.

ART DU FÉCULISTE ET DE L'AMIDONNIER.

1055. GÉNÉRALITÉS. — La mouture altérant considérablement les grains de fécule (1018), il s'ensuit une grande perte dans l'extraction. D'un autre côté la chaleur produite par la fermentation fait éclater un assez grand nombre de grains, et pourtant la fermentation est nécessaire pour décomposer le gluten de la farine. Il y aurait un moyen d'éviter ces deux occasions de déchet, en employant, pour l'extraction de l'amidon, les grains de céréales, avant leur complète maturité, et à l'époque ou le périsperme s'échappe tout laiteux sous la pression des doigts; car à cette époque les grains d'amidon sont parvenus à leur maximum d'accroissement, et le gluten n'a pas encore acquis ses propriétés ordinaires; en sorte qu'il est à présumer que les grains de fécule extraits à cette époque tomberont tous au fond du vase, sans entraîner avec eux aucune parcelle de gluten assez appréciable pour nécessiter une fermentation. Le déchet serait nul, et la perte de temps moins grande (*). Dans plusieurs pays, les amidonniers semblent avoir pressenti l'efficacité de ce moyen; car, au lieu de se servir de farine de mouture, ils laissent tremper dans l'eau les grains de céréales, jusqu'à ce qu'ils se ramollissent, et qu'ils donnent un suc blanc par la pression. Alors ils les enferment dans des sacs de grosse toile, qu'ils soumettent à la presse à plusieurs reprises, ayant soin de les tremper dans l'eau, à chaque nouvelle pres-

(*) Mais il est utile de faire observer que ce blé scié avant sa complète maturité serait d'une moins bonne qualité pour les semailles, et que sa grande douceur le rendrait facilement attaquable par les charançons. Comme substance alimentaire, sa farine étant plus blanche et plus douce, est, de temps immémorial, plus recherchée, dans certaines provinces de l'Allemagne, que celle du blé parvenu à sa parfaite maturité.

sion. Il est vrai qu'ensuite ils font fermenter toutes les eaux obtenues, lavent le dépôt qui s'y forme, et le dessèchent à une douce chaleur; mais au moins ils n'ont là que le déchet provenant de la fermentation, et ils évitent celui qui proviendrait de l'altération des grains de fécule écrasés par la meule.

1056. Dans ces diverses opérations, on sacrifie le gluten, qui se dissout par l'acidification dans le liquide, et qui dès lors n'est susceptible que de servir à des destinations accessoires, que pourraient remplir avec un égal avantage des produits d'une moindre valeur. On s'occupe aujourd'hui de recueillir le gluten, et pour cela on extrait la fécule par le procédé de la malaxation, modifié d'après l'échelle d'une fabrication en grand. Nous allons décrire les divers procédés de fabrication qui ont pour but l'extraction de la fécule.

La fécule se trouvant renfermée dans des organes d'une structure physique différente, les procédés d'extraction doivent nécessairement varier d'après cette indication; et il est évident qu'on aura recours à des modes divers, selon que le tissu féculigère sera glutineux (*céréales*), ou ligneux (*pommes de terre*, *moelle*, *racines*, etc.).

1057. EXTRACTION DE LA FÉCULE CONTENUE DANS LES TISSUS LIGNEUX. Elle se résume en deux opérations principales, et dont les procédés employés dans la fabrication en grand ont pour but d'abréger la durée : l'une consiste à déchirer les cellules ligneuses du tissu féculigère, et l'autre à isoler et recueillir séparément les grains d'amidon qui se détachent des parois béantes. Que l'on râpe un fragment de pomme de terre, avec une râpe ordinaire, au-dessus d'un simple verre, dont on aura eu la précaution de recouvrir les bords avec un linge ; si l'on verse, sur le marc retenu par ce filtre, une certaine quantité d'eau, en remuant la masse, on verra au bout de quelques minutes le fond du verre se couvrir d'une poudre blanche comme la neige, d'un aspect cristallin, qu'on

reconnaîtra pour de la fécule. Après deux ou trois lavages à l'eau ordinaire, cette petite quantité aura acquis toute la pureté de la fécule du commerce; et il n'est pas de ménage qui ne puisse, à peu de frais, et à la faveur de ce procédé si peu compliqué, se procurer une quantité de cette substance suffisante pour sa consommation. Mais le temps est la matière première de l'industrie en grand; elle le vend et elle l'achète, et partant elle l'économise; tout ce qui abrège la durée de ses opérations est un profit, tout ce qui l'alonge est une perte; c'est dans la perfection des machines qu'elle cherche la solution de ce problème, d'où dépend sa fortune; aussi dans les usines en grand, l'opération si simple que nous venons de décrire, exige des appareils assez compliqués.

1° *Féculerie de pommes de terre.*

1058. La meilleure position pour une féculerie est en général le bord d'un courant d'eau, qui serve de moteur à la machine, et fournisse abondamment au lavage et au tamisage. Je ne conçois pas comment on n'a pas encore établi dans les grandes villes des féculeries sur des barques; l'appareil y gagnerait en vitesse et en simplicité. Soit en effet un cylindre à claire-voie, tapissé çà et là de brosses en crin, recevant par une trémie les pommes de terre à laver, et tournant sur un axe incliné, dans le sein de l'eau même; l'eau qui le mettra en mouvement, entraînera du même coup le sable et les impuretés insolubles, dont la fabrication a intérêt de dépouiller la surface des pommes de terre; au sortir de ce cylindre incliné, les pommes de terre tomberaient dans une bâche, où elles seraient reprises par une chaîne sans fin à godets, qui, mise en mouvement par le même moteur que le cylindre, reporterait en haut les pommes de terre, pour les verser dans la trémie à râper, versant en même temps de chaque godet, une quantité d'eau destinée à laver la pulpe produite par le râpage, et à entraîner la fécule, à travers les mailles du blut-

toir, dans la cuve qui la recueille. La surveillance d'un ouvrier suffirait à l'économie d'une pareille usine, qui fonctionnerait toujours; et le premier mécanicien venu est dans le cas d'exécuter ce plan à peu de frais et sur le moindre espace possible; car toute l'opération se réduit à laver les pommes de terre, les transporter sur la râpe, recevoir et laver la pulpe, recueillir et laver la fécule qui s'écoule à travers les mailles du tamis ou bluttoir.

1059. Dans les usines éloignées des grands cours d'eau, on obtient ce résultat avec un peu plus de dépense de main-d'œuvre; l'eau qui alimente le lavage des pommes de terre et de la pulpe, est déposée dans un réservoir supérieur, d'où elle coule, et parvient à ses diverses destinations par tout autant de conduits. L'un de ces conduits l'amène sur la surface supérieure du cylindre à claire-voie et mobile sur son axe, dans lequel les pommes de terre descendent par une trémie, et d'où elles vont se rendre dans une auge, où la chaîne sans fin et à godets les reprend et les reporte sur la trémie qui les jette sur la râpe. La pulpe tombe dans un bluttoir ou tamis cylindrique, qui laisse passer la fécule à travers ses mailles, et déjette à l'une de ses extrémités la pulpe épuisée de cette substance. Après cette opération mécanique, on lave le dépôt formé par la fécule, et l'on sèche cette substance à l'étuve.

1060. Il est rare que le prix de tous les appareils réunis que réclame la fabrication en grand de la fécule, s'élève au-dessus de 1,500 à 2,000 fr. Mais il ne faudrait pas croire que l'ensemble de ces appareils soit indispensable à cette fabrication. En effet, tout ce qu'on opère, dans cet art, avec les machines, peut s'opérer avec un égal succès à la main et avec des ustensiles que l'on trouve partout. La perte de temps est seulement un peu plus grande, mais cette perte-là est de minime valeur, là où l'on a tant de temps à perdre sans rien faire; et nous ne concevons pas comment il arrive que, dans nos fermes, où l'hiver est si improductif, on ne s'applique point à l'extraction de la fécule, non seulement

des pommes de terre, mais encore des fruits et des diverses racines indigènes, qui recèlent en moindre quantité cette substance. Le fermier ne manquerait jamais de trouver un débouché à sa denrée, alors même qu'il renoncerait à l'avantage de consacrer sa petite féculerie ou à la distillation, dont nous aurons à nous occuper plus bas, ou à la confection du vinaigre.

Le procédé du féculiste n'est pas plus compliqué que nous venons de le décrire ; nous allons passer à quelques considérations sur chacune de ses opérations et sur l'emploi des déchets.

1061. Avant de s'approvisionner de pommes de terre destinées à cette fabrication, il sera bon de s'assurer, par une expérience préalable, de la qualité qui, au moindre prix, donne la plus grande quantité de fécule ; la fécule se trouvant tout aussi bien dans les pommes de terre de mauvaise que de bonne qualité, il y a avantage à se servir des premières que l'on achète toujours à vil prix ; les pommes de terres avariées, à demi gâtées et gelées même ne laissent pas que de donner en fécule un louable produit. Or, à ce sujet les règles et les données commerciales, agricoles et industrielles, varient selon les divers bassins géographiques et selon les diverses natures de terrain. Ne vous engouez jamais d'après les annonces payantes des journaux de la capitale, et encore moins d'après les rapports avantageux des membres industriels de nos diverses sociétés savantes, qui vantent, d'un côté, comme académiciens, des produits qu'ils vendent de l'autre comme fabricants ou intéressés à la fabrique ; apprenez enfin à croire à votre compétence, et à ne pas attendre, sur toutes les questions, votre salut d'en haut. Seulement procédez par des tâtonnements sagement raisonnés, et ne vous décidez que d'après l'évidence.

La moyenne du produit des pommes de terre en fécule, est de 25 kilogrammes de fécule verte, c'est-à-dire non desséchée à l'étuve, ou 16 de fécule sèche, par 100 kilog. de pommes de terre ; les 100 kil. de bonnes pommes de terre coûtent en moyenne 1 fr. 50 c., et la fécule sèche vaut 24 fr. les 100 kil. La farine de froment vaut 40 fr. les 100 kil. en moyenne.

1062. Le lavage de la pomme de terre peut se faire à la main dans un panier que l'on agite dans l'eau, après y avoir laissé séjourner quelque temps les tubercules, pour permettre à la terre qui les recouvre de s'imbiber d'eau. On le complète à la brosse, si l'opération se fait en petit; l'emploi de la brosse dans la manipulation en grand abrège de beaucoup la durée du lavage, et il suffit que la brosse occupe une bande longitudinale du cylindre laveur.

1063. La râpe doit être construite de la sorte que les dents destinées à déchirer le tissu cellulaire atteignent le plus de cellules possibles, sans pourtant déchirer ou écraser les grains de fécule eux-mêmes; car toute cellule non déchirée enfouira sa fécule dans le marc; et, d'un autre côté, tout grain de fécule écrasé ou déchiré cédera sa substance soluble aux eaux de lavage, et montera en suspension par son tégument. Avec le secours du microscope l'industriel parviendra facilement à se rendre compte des effets de la râpe sous ce double point de vue; il découvrira d'un côté dans le marc, en quelles proportions approximatives s'accumulent les cellules pleines de fécule et non entamées par la râpe; et de l'autre côté dans le dépôt féculent, ainsi que dans les eaux du lavage, en quelles proportions se rencontrent les téguments provenant des grains de fécule éventrés.

1064. Dans les appareils en grand, la râpe est formée d'un cylindre tournant horizontalement sur son axe, et dont la surface est hérissée de lames de scies, parallèles entre elles et concentriques à l'axe du cylindre. Les pommes de terre tombent d'une trémie sur cette surface hérissée de dents tranchantes, qui les déchirent dans leur mouvement de rotation, entraînant en bas la pulpe, qui s'écoule de là dans un baquet plein d'eau à travers un tamis. Cette pulpe prend, dans les fabriques, le nom de *bourifi*.

1065. On doit la tamiser immédiatement, car elle est prompte à fermenter, et, ainsi que nous l'avons expliqué, la fermentation altérerait le produit que l'on recherche, en faisant éclater,

par la chaleur dégagée, les grains de fécule plongés dans l'atmosphère de la fermentation. Le *tamisage* doit avoir pour but de retenir le plus gros de la pulpe au-dessus du tamis; la fécule et quelques débris de cellules d'un petit diamètre tombent dans un tonneau qui est rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur; on agite le mélange, et quand on présume que la plus grande quantité de la fécule s'est précipitée, on décante le liquide dans un autre vase, afin de ne pas perdre la quantité de fécule retardataire qui serait restée en suspension. On *rafraîchit* le dépôt, on l'*épure*, en le lavant dans deux ou trois eaux, et en ayant soin d'agiter préalablement, et de faire monter la fécule en suspension à chaque lavage; on *épanche* à chaque fois les eaux dans le même vase, pour en recueillir de nouvelles quantités de fécule. On *rince* les tonneaux, en les brossant dans l'eau à la surface, pour en enlever la quantité de fécule qui pourrait y adhérer à la faveur du mucilage; les produits de ce *rinçage* se nomment les *blancs*.

Lorsque la fécule a été obtenue lavée et parfaitement pure en assez grande quantité, on la fait passer au *ressui*, espèce d'aire en plâtre, qui la dépouille de la plus grande quantité de son humidité. On l'enlève du plancher, lorsqu'elle cesse de s'attacher au plâtre; elle est connue alors sous le nom de *fécule verte*; elle renferme un tiers de son poids d'humidité.

Que si on doit verser le produit aussitôt dans le commerce, on transporte les pains de fécule verte au séchoir à ou l'étuve, selon les saisons.

1066. Le *séchoir* prend le nom d'*étuve*, quand la température de l'atmosphère a besoin d'être remplacée par la chaleur artificielle. La construction de l'une et l'autre doit varier selon les climats, l'exposition et l'importance de la fabrication. Un *ventilateur* habilement construit, et même une *pompe à air* d'une certaine dimension, et fonctionnant par l'eau ou le vent, ou bien par le système des pendules d'horloge, économiserait le combustible et détériorerait peut-être

moins les grains féculents. Car la principale condition d'une étuve doit être de rester à une température telle, que les couches externes des pains n'éclatent pas et ne cèdent pas une partie de leur substance soluble à l'eau qui les humecte; ce qui ferait de chaque pain de *fécule verte* une grosse boule de *sagou artificiel* (1011). La température du local ne doit pas dépasser 30° cent. Dans le midi de la France le meilleur séchoir est le grenier de la ferme, que le soleil inonde de chaleur et de lumière, et que les fenêtres exposent à tous les vents.

1067. Après toutes ces opérations, la fécule la mieux lavée n'en conserve pas moins, en beaucoup de circonstances, un aspect bis ou gris foncé. Quelques fabricants la blanchissent au chlorure de chaux délayé dans cinq ou six fois son poids d'eau. Mais cette opération est dans le cas de laisser à la fécule une qualité qui produirait de mauvais effets en certaines circonstances, qui ferait tourner le lait, ou contrarierait les prescriptions médicales. Le fabricant doit avertir le consommateur que la fécule qu'il livre a été blanchie par ce procédé. La fécule que l'on destine aux préparations les plus délicates, ne doit devoir sa blancheur qu'à un lavage à l'eau pure, et à une dessiccation au soleil, précédée par une exposition à la rosée.

1068. On aura l'attention de ne point laisser la fécule verte exposée à une température humide, pendant un certain nombre de jours. Elle ne manquerait pas, en effet, de donner lieu, par l'élaboration des détritus organisés qui lui sont mêlés, de donner lieu, dis-je, à des végétations étiolées, si on la tenait à l'obscurité, et à des végétations verdoyantes, si elle restait dans cet état exposée à la lumière; deux sortes de productions qui ne manqueraient pas de lui communiquer un goût désagréable et des qualités nuisibles sous un certain rapport; il faut que la dessiccation soit aussi rapide que continue.

1069. Les tubercules en pleine germination, gelés ou ar-

riés, donnent des quantités de fécule qui dédommagent amplement des frais de l'extraction. Mais il faut se hâter de râper les unes et les autres; car la germination ayant lieu aux dépens des organes féculents, la décomposition de la fécule s'étend de proche en proche autour du germe, à mesure que celui-ci poursuit son développement. Les tubercules germés, en tout état de cause, fourniront beaucoup plus de fécule que les tubercules avariés ou gelés; quant à ces derniers, la périphérie en fournira bien moins que le cœur du parenchyme, que celle-ci aura protégé contre l'action du froid.

1070. Dans les villes, il s'offre un moyen d'extraire la fécule avec profit, d'un déchet que chaque ménage jette tous les soirs au coin de la borne; ce sont les *pelures* des pommes de terre, que les ménagères coupent, sans trop économiser la substance. La chair seule attachée à ces pelures renferme une proportion considérable de fécule; et ici la matière première ne coûterait qu'à ramasser; le commerce du chiffonnier en grand pourrait chaque jour réunir en magasin les *pelures* de toute la capitale, et les céder aux féculeries à bien bas prix.

2° *Extraction de la fécule de certains autres tissus ligneux.*

1071. Nos champs et nos montagnes ne manquent pas d'autres végétaux, d'où il serait facile d'extraire la fécule avec un certain profit. Avec les bulbes de nos *orchis*, si abondants dans certaines prairies, et de nos *ornithogalum*, on pourrait confectionner le *salep indigène*, en recueillant le précipité après un simple premier lavage. A l'aide d'un acide étendu d'eau on pourrait dépouiller de sa potasse la fécule de nos *châtaignes* (*castanea vesca*); et à l'aide d'une faible lessive, on pourrait dépouiller de son goût amer la fécule des marrons d'Inde, qui jonchent en automne le sol de nos jardins et de nos promenades.

1072. Enfin, il est dans le fond de nos étangs, de nos ca-

naux, et des parties stagnantes de nos rivières, une p
qui pullule avec une étonnante et même une embarrassan
condité, et dont le tissu est dans le cas d'être utilisé
seulement sous le rapport qui nous occupe, mais encore
la fabrication du papier; ce sont les diverses espèces de c
(charaigne) (1009) *). La fécule remplit en effet leurs arti
tions et leurs graines. Les tiges de ces plantes sont in
tées extérieurement et intérieurement de carbonate de ch
dont on les dépouillerait à la faveur du vin aigri, ou de
naigres de rebut, ou bien de l'acide hydrochlorique ét
d'eau; on laverait ensuite la plante à l'eau courante, et
laisserait sécher sur l'aire, pour la réduire en poudre e
extraire la fécule par la lévigation (121); ou bien on la
lerait encore tout humide, pour en déchirer le tissu. Et
si l'on désirait en faire du papier, on n'aurait qu'à jeter
cuve toutes ces tiges ramollies à l'acide; et la transparence
leurs tissus, collés par la substance verte et l'albumine
chacune de leurs grandes cellules recèle, donnerait p
être le plus solide papier transparent, du genre de c
qu'on nomme papier végétal. La fécule des articulations
des graines augmenterait encore la force de cet *encollag*
la cuve, si on avait la précaution de soumettre la masse à
certain degré de chaleur, avant de la jeter au pilon. N
sommes presque convaincu que cette indication donnée
nous depuis long-temps au commerce, n'a pas été négli
par tous les fabricants.

1073. Les résidus de la pomme de terre dont on extrai
fécule, ne doivent pas être considérés comme des objets
rebut. L'eau de lavage, chargée qu'elle est de mucilage et
sels potassiques, peut servir d'engrais liquide surtout pour
gazons et les céréales, et d'eau de lessive pour nettoyer
linge. La pulpe qui formerait un excellent engrais, faute de

(*) Voyez *Nouveau syst. de physiolog. végét. et de botanique*. tom. I
§ 2077, 1836.

grais animal, est transformée, en mottes, à brûler en se mélangeant avec de la sciure de bois, en carton pour les boîtes; enfin elle sert de nourriture aux bestiaux, comme la pulpe de betterave, surtout si on a soin de la soumettre auparavant à la vapeur, qui fait éclater les grains de fécule emprisonnés dans les mailles non déchirées du tissu; on la mêle alors avec une égale quantité de paille hachée, ou avec un tiers de foin. Si l'on désire conserver cette denrée pour une autre saison, on a soin de l'exprimer à la presse, afin de la dépouiller de son humidité, de la sécher ensuite à l'étuve ou au soleil, en secouant à la main, de temps en temps, le mélange.

1074. EXTRACTION DE LA FÉCULE DES TISSUS GLUTINEUX, OU ART DE L'AMIDONNIER. — Les cellules glutineuses ne cèdent pas du premier coup les grains de fécule qu'elles recèlent; à peine la dent de la râpe qui doit les déchirer les abandonne, que leurs parois réparent, en se soudant, la solution de continuité. Si c'est sur une farine qu'on opère, la moindre parcelle d'eau reforme dans le mélange des cellules artificielles, dont l'art a tout autant de mal à détacher les grains de fécule. Le procédé, pour l'extraction de la fécule de ces sortes de tissus, se modifie donc d'après ces données; il ne faut plus ici se contenter de déchirer une seule fois le tissu, mais il faut le déchirer toutes les fois qu'il se referme sur lui-même; il faut substituer au *râpage*, le *pétrissage*; au *tamisage* la *malaxation*; à moins qu'on ne préfère sacrifier le gluten en le dissolvant dans un acide spontané ou ajouté; et c'est ce dernier moyen qu'ont employé généralement jusqu'à ce jour les *amidonniers*.

1075. On se fera une idée juste des avantages et des inconvénients des deux procédés, en opérant sous un petit volume. Que l'on abandonne de la farine de blé dans un verre à expérience, de manière que le dépôt farineux reste surmonté de dix fois son volume d'eau ordinaire, il s'établira une fermentation de plus en plus active, à la suite de laquelle il se formera un acide (de *l'acide acétique*), qui servira peu à peu

dissolution ou en suspension, dans l'eau qui surn
che amylacée. Que l'on décante cette portion
après deux ou trois lavages, on obtiendra l'amid
que le réclament les conditions du commerce
opération le gluten sera perdu, en tant qu'on ne l'o
avec les caractères physiques qui en font recher
dans les arts, et que chimiquement il n'existe
quide qu'en une quantité moindre qu'auparava
qui le dissout prend, dans les manufactures en g
d'eaux sûres.

1076. Au lieu d'abandonner ainsi à une d
spontanée la farine de froment, pour en extrai
on peut obtenir séparément cette substance dan
quelques instants. En effet, que l'on pétrisse la
ment avec une certaine quantité d'eau, et, comm
l'intention d'en faire du pain, qu'on abandonne
stants à l'air cette masse, pour en opérer la cohési
poration des molécules aqueuses dont la surface es
Que l'on soumette entre les mains cette pâte
tit filet d'eau (*), et qu'on la foule sans cesse ent

(*) On donne à l'eau un écoulement favorable à cette
moyen d'un petit tube de paille, qu'on insinue ou dans un
diamètre pratiqué à la base de la paroi d'un baquet plein
à travers un bouchon en liége introduit dans la tabulure ba

en ayant soin de tenir les doigts assez serrés et les deux mains assez rapprochées par le bas, pour ne laisser passer que l'eau laiteuse que l'on recueille dans une terrine placée au-dessous; on *malaxera* de la sorte la farine; lorsque l'eau passera limpide à travers les doigts, et que la pâte que l'on malaxe sera devenue plus cohérente et plus élastique, on aura entre les mains toute la quantité de gluten qu'il est possible de retirer, par ce procédé, de la farine du froment, et, dans le fond de la terrine, à l'état de précipité blanc comme la neige, toute la quantité d'amidon que le gluten peut abandonner à l'eau de lavage, qui dissout tout ce que le gluten n'emprisonne pas; on n'aura plus qu'à passer à deux ou trois eaux cet amidon, pour l'obtenir aussi pur que celui de la pomme de terre. Le gluten ainsi obtenu à part, pourra être utilisé d'une foule de manières différentes, en économie industrielle et domestique.

1077. Au premier coup d'œil, le second de ces deux procédés paraît être plus à la convenance du laboratoire que de la fabrique; et le premier procédé, où le temps fait tout, semble moins dispendieux que le second, qui réclame une opération manuelle continue. Cependant, un assez grand nombre d'industriels viennent enfin d'adopter de préférence le second, et ils y trouvent un double avantage. Nous allons décrire les deux, avec les modifications que la théorie nouvelle doit apporter à l'un et à l'autre.

1078. 1° *Extraction de l'amidon des céréales par l'acidification.*—La farine de froment que l'on destine à cette opération doit avoir été moulue, les meules moins serrées que pour la farine de boulangerie; et cela afin qu'elle renferme moins de grains de fécule concassés ou déchirés par les aspérités siliceuses de la meule (1018). Quelques amidonniers même ont aujourd'hui adopté le système de remplacer la farine moulue, par le mouillage des grains qu'ils expriment ensuite dans l'eau, pour en faire sortir tous les principes farineux, sous forme de mucilage (1055); ce procédé bien dirigé

doit donner une grande quantité d'amidon de plus, parce que les grains de fécule y sont moins exposés à être altérés par le broiement. Quoi qu'il en soit, on abandonne la farine (1055) obtenue par l'un ou l'autre procédé, on l'abandonne sous forme d'une bouillie à sa propre décomposition, dans des tonneaux de bordeaux, pendant trois semaines à un mois, après y avoir ajouté les *eaux sûres* d'une opération précédente. La fermentation s'établit aussitôt, et soulève un chapeau d'écume grasse, sous lequel viennent crever des bulles de gaz mélangés, qui répandent une odeur infecte et malsaine. Lorsque la fermentation a cessé, le mélange offre trois portions distinctes, 1° une *eau sûre* rendue opaline (27) par la quantité considérable de parcelles de gluten, de son, de téguments éclatés, de globules oléagineux qu'elle tient en suspension; 2° une couche salie par les débris de son et de gluten qui se sont précipités de ce liquide; 3° enfin une couche ferme, résistante, blanche, qui est l'amidon, mêlé à quelques uns des débris farineux que ses globules ont entraînés en se précipitant.

On décante alors, à l'aide du siphon, toutes les *eaux sûres*; on jette une nouvelle quantité d'eau sur le dépôt, et l'on agite le tout avec un fouloir, pour faire remonter pêle-mêle, en suspension, toutes les molécules du précipité. On décante de nouveau, lorsqu'on est sûr que tout l'amidon s'est précipité au fond du vase, et l'on jette ensuite l'amidon sur un tamis, qui en sépare un mélange de son et d'amidon, désigné sous le nom de *gros noir*; on recommence deux ou trois fois cette opération, en ayant soin d'agiter avec la *rame* ou *fouloir*, à chaque nouveau lavage, l'amidon déposé, mais aussi en prenant la précaution de rompre la rotation de l'eau, afin que le précipité ne se forme pas en un pain creux au centre. L'amidon est alors porté au grenier, dans des paniers d'osier revêtus intérieurement d'une toile, et jeté sur une aire en plâtre, ou sur des tablettes en bois blanc, dans un lieu exposé aux vents, et ensuite la dessiccation en est complétée dans une

étuve chauffée à 40°. La première eau qui s'écoule des pains humides de fécule, produit sur leur surface des cannelures basaltiformes, que l'on avait d'abord prises pour l'effet d'une cristallisation spéciale à la fécule; ces cannelures varient de direction selon la forme et l'inclinaison des pains; il ne s'en forme pas, quand le pain est creusé au centre, que l'eau de surcroît ne trouve aucun écoulement, et n'abandonne les pains de fécule que par évaporation.

1079. Ce procédé continuera à être consacré à l'extraction de la fécule de l'orge et du seigle, dont le gluten n'est pas malaxable; mais son insalubrité forcera un jour les fabricants à le remplacer, à l'égard du froment, par celui de la malaxation, qui, à l'avantage d'être plus expéditif, réunira bientôt celui d'être plus économique et plus productif, en ce qu'il conservera, et la quantité d'amidon que dans l'autre la fermentation altère, et le gluten que la fermentation décompose en entier.

1080. 2° *Extraction de l'amidon par la malaxation.* — Que l'on pétrisse la farine avec un tiers de son poids d'eau, dans un pétrin mécanique à fouloir, et que l'on abandonne à l'air la pâte quelques instants, c'est-à-dire jusqu'à ce que la surface commence un peu à se gercer, et n'adhère plus aux doigts. Si ce pétrin est à double fond, dont l'inférieur s'enlève à coulisses, et dont le supérieur seul soit criblé de trous d'une très petite ouverture, qu'on amène au-dessus une espèce de pomme d'arrosoir cylindrique, et criblée de trous sur la moitié inférieure de sa surface: il suffira de continuer le mouvement de la mécanique, à mesure que l'eau coulera en mille jets du conduit, pour que la pâte cède sa fécule à l'eau qui la lave, et que le gluten se déchire pour la céder à l'eau, et se ressoude pour former une masse filante. Une auge placée au-dessous du pétrin recevra l'eau dépositaire de la fécule, que l'on purifiera par une succession bien entendue de lavages et de lévigations; les eaux de lavage donneront encore un précipité de gluten et de fécule.

Le dépôt de fécule retiendra encore une quantité appréciable de gluten, et des substances diverses qui l'accompagnaient dans la farine des céréales. Pour l'en débarrasser, on décantera le liquide qui la surmonte, que l'on remplacera par une nouvelle quantité d'eau; on agitera une seconde fois le précipité, et on l'abandonnera un à deux jours en été à la décomposition spontanée des principes fermentescibles du mélange; on décantera au bout de ce temps, et après un troisième lavage, on pourra transporter l'amidon au séchoir, comme ci-dessus. Le gluten lui-même renfermera encore une quantité assez considérable d'amidon, mais dont l'extraction ne compenserait pas la dépense. On obtiendra, par ce procédé, 50 sur 0/0 d'amidon et près de 30 de gluten; tandis que le procédé de la fermentation donne à peine 45 sur 0/0 d'amidon et perd tout le gluten; les eaux du lavage pourront fournir une quantité importante d'alcool, ou bien servir immédiatement à l'engrais des porcs et autres animaux de la ferme. Ajoutez à ces profits, l'avantage de la salubrité, qui ailleurs s'achète au poids de l'or.

COLLAGE DU PAPIER A LA CUVE (*).

1081. Le collage à la gélatine offrait des inconvénients que les fabricants de papier cherchaient depuis long-temps à éviter: ce collage ne pouvait se faire qu'après le moulage de la feuille, et la matière animale était sujette à fermenter alors par son exposition à la température du séchoir. Il s'agissait de rencontrer une substance qui fermentât moins et qui collât tout autant. L'amidon se présentait naturellement à l'esprit, dès le début de ces recherches; mais l'amidon employé à cet usage, à la même époque que la gélatine, exposait à deux inconvénients, dont on ne pouvait éviter l'un sans tomber dans l'autre. Sous forme d'empois, il aurait trop et trop inégalement collé; sous une forme plus liquide, il aurait trop peu collé; et, dans les deux

(*) *Bull. des sciences technologiques*, tom. IX, n° 108. 1828.

circonstances, il eût quelquefois été sujet à tourner vers la fermentation acide, et par conséquent à perdre de sa propriété collante. Ce troisième inconvénient se présentait d'une manière plus nuisible au succès de l'opération, si l'on s'avisait d'employer l'*empois* dans la cuve même.

En 1826 environ, un fabricant renommé d'Annonay, s'étant rendu propriétaire d'un procédé anglais pour *coller à la cuve*, vendit à ses confrères la *colle* de sa fabrication. Braconnot s'empressa d'analyser ce mélange, et il chercha même à l'imiter. Mais la chimie en grand devait échouer alors dans cette entreprise, et elle échoua; on verra plus bas pour quelle raison.

En 1828, un fabricant de l'Alsace me fit parvenir une certaine quantité de cette *colle*, qu'il avait achetée à la fabrique d'Annonay, et il m'apprit qu'il n'avait jamais pu s'en servir, qu'il avait même déjà perdu une ou deux cuvées, faute de connaître le mode d'emploi, qu'on se gardait bien, à Annonay, de livrer avec la substance. Dès la première observation au microscope, je découvris ce que Braconnot avait vainement cherché par les procédés en grand, c'est-à-dire que cette colle se formait essentiellement de fécule de pomme de terre intègre, et non convertie en *empois* (917), et accessoirement d'une huile essentielle, qui nageait dans l'eau, sous forme de myriades de globules infiniment petits, égaux en diamètre. Comme les essais en grand décelaient, dans cette pâte, l'existence d'une grande quantité d'alun, il était évident que cette huile s'y trouvait à l'état de *savonule*. L'odeur suffisait pour indiquer qu'elle n'était autre que l'huile essentielle de térébenthine.

Je trouvai par là pourquoi cette colle pétrie avec la pâte, dans la cuve, refusait de coller le papier; car la chaleur de l'étuve ou du séchoir étant insuffisante pour faire éclater les grains de fécule de pomme de terre, cette pâte était aussi inhabile à coller, que le serait la fécule seule employée, sans un fer chaud, à repasser le linge. Aussi je n'eus qu'à exposer



que le microscope rend si simple à concevoir. Car, avant de procéder à l'analyse, on n'eût peut-être jamais manqué de soumettre l'amidon à l'action de l'eau bouillante, et on n'aurait eu aucune raison de croire que l'amidon dût se trouver, dans une substance destinée à coller, sous une autre forme que sous celle d'*empois*.

Les révélations précédentes n'ont pas été perdues pour l'industrie.

GOMMAGE.

1082. On a reconnu dans les arts d'ornement un grave inconvénient à la gomme arabique et à la fécule convertie en empois. Ces deux substances en effet s'écaillent par la dessiccation, ou se fendillent en séchant, sur les surfaces que l'on recouvre d'une détrempe faite avec l'une ou l'autre de ces substances collantes. La substance soluble de la fécule (909), parfaitement isolée de ses téguments, n'offre rien de semblable, et peut remplacer, avec un immense avantage, et d'effet et d'économie, la gomme arabique, dans cette circonstance, comme en beaucoup d'autres analogues. Nous savons même qu'on en a établi une fabrication en grand, qui en verse des quantités considérables dans le commerce. Voici le procédé le plus simple et le moins dispendieux, pour obtenir isolément la substance soluble de la fécule. Soit une grande jarre en verre, portant, un peu au-dessus de sa base, une tubulure horizontale (*tb*, fig. 35, pl. 1). Si on emplit ce vase d'une quantité d'eau, dans laquelle on aura fait bouillir cinq à six minutes, de la fécule de pomme de terre, dans la proportion de 5 hectogrammes par hectolitre d'eau, en ayant soin de verser la fécule peu à peu et non en masse, il arrivera au bout d'une demi-heure, ou davantage, selon la durée de l'ébullition, que tous les téguments se seront précipités au fond du vase, où ils se tasseront, après quelque temps, en une couche blanche, comme de la graisse précipitée de

l'alcool par le refroidissement. Le liquide qui surmontera cette couche caillebottée, sera aussi limpide que l'eau la plus pure. Si on le fait écouler alors par la tubulure dont nous avons parlé, qui se trouvera placée au-dessus de la couche des téguments, et qu'on l'évapore doucement, on recueillera une gomme moins dure à dissoudre que la gomme arabique et qui écaillera moins. Or, quand on aura constaté, au moyen de cette jarre transparente, en combien de temps les téguments se précipitent, après une ébullition prolongée pendant un nombre déterminé de minutes, et sous quelle épaisseur la couche tégumentaire se dépose au fond du vase, selon les quantités respectives d'eau et de fécule employées, il sera facile de procéder à l'expérience, à l'aide des tonneaux ordinaires, qu'on aura eu soin de nettoyer convenablement, et de perforer à la hauteur indiquée. Quant à l'évaporation du liquide saturé de substance soluble, comme cette substance n'est nullement fermentescible seule et par elle-même, il ne serait pas besoin de l'opérer par le feu et par une dépense de combustible. Il suffirait de l'étendre sur des bassines à large surface et ayant peu de profondeur, puis d'abandonner le liquide à l'évaporation spontanée, à l'air libre ou mieux au soleil, et de verser dans des moules en terre, quand la masse aurait atteint une consistance presque sirupeuse ; à moins qu'on eût à sa disposition une machine pneumatique, d'une construction grossière, et qui pût s'appliquer à l'appartement servant d'étuve à courant d'air ; car il ne s'agirait pas ici de faire le vide, mais d'établir un courant évaporatoire continu. S'il arrivait que, dans les applications, cette gomme se fendillât, comme le fait l'amidon ordinaire, on la dépouillerait de ce défaut, en la mêlant à un savonnle d'huile de térébentine ou autre résine moins grasse, produit au moyen de la soude et de l'alun.

PAREMENT.

1083. On sait que les tisserands, afin de conserver, à la colle qui leur sert de *parement* ou *paron*, l'humidité nécessaire pour que cette substance ne soit point un obstacle au tissage; on sait, dis-je, qu'ils sont forcés de travailler habituellement dans des lieux bas, humides, et par conséquent malsains. Dubuc, pharmacien à Rouen, a proposé d'adjoindre au *parement* un chlorure déliquescent, et qui, en s'emparant et en retenant l'humidité de l'atmosphère, s'oppose au desséchement de la colle, et permette à l'ouvrier de travailler dans des lieux secs et aérés. Nous avons déjà vu (1027) que Vergnaud recommande, comme succédané de ce mélange d'une colle et d'un chlorure, la fécule de marron d'Inde, qui à elle seule renferme les deux principes propres à fournir ce double résultat.

SUCCÉDANÉ DE LA POUDRE DE LYCOPODE.

1084. On se sert spécialement de la poudre de lycopode, pour tenir écartées les parois du corps qui s'enflamment par le frottement, ou qui se gercent par suite d'une cause moins superficielle. Mais cette poudre dont la structure rappelle assez exactement celle de la poudre pollinique, par laquelle on la remplace quelquefois, telle que le pollen si abondant du cèdre et autres conacées, cette poudre se décompose facilement par une fermentation glutineuse et putride. L'amidon de pomme de terre n'offre pas cet inconvénient; mais ses granules lisses s'attachent avec moins de facilité aux parois enflammées, ils glissent et se déplacent au moindre mouvement. Pour leur communiquer la propriété d'adhérer plus intimement aux surfaces, il suffirait de les soumettre préalablement à une légère torréfaction, qui ferait fendiller et éclater le tégument, et mettrait ainsi à nu la substance soluble. La

moindre humidité suffirait en effet, pour dissoudre une petite quantité de cette gomme, qui servirait alors non seulement de matière collante, mais encore de substance calmante et adoucissante, propriété inhérente à sa nature amylacée. La fécule broyée dans un mortier de marbre et avec un lourd pilon en fer, serait préférable, sous tous les rapports, à la fécule torréfiée, parce que la torréfaction développe toujours une petite quantité d'huile empyreumatique.

CHOCOLATS.

1585. On emploie la farine pour la confection des chocolats ; et comme les fabricants visent au plus bas prix, ils n'emploient pas toujours la farine la plus pure ; aussi les chocolats ordinaires craquent-ils sous la dent, lorsqu'on les mange crus, ce qui vient tout autant du son de la farine, que des détritus du *cacao*, et ce qui porte à croire que la farine dont on a fait usage est plutôt celle du seigle ou de l'orge que celle du froment. Comme le but que se proposent les fabricants, dans l'emploi de la farine, est de donner plus de corps et de liant au chocolat, et que ce corps vient non de la fécule intègre de la farine, mais de son gluten et de sa gomme ; la fécule préalablement broyée ou légèrement torréfiée nous semble devoir remplir avec succès cette indication, quand même on destinerait le chocolat à être mangé à la main, et à être pris à la tasse. La substance soluble et gommeuse en effet mise à nu, par le déchirement de son tégument, fondrait dans la bouche pour servir de liant au beurre de cacao ; et dans l'ébullition la pâte amylacée donnerait au chocolat un aspect moins grumelé, à cause de l'absence du gluten que l'eau bouillante coagule.

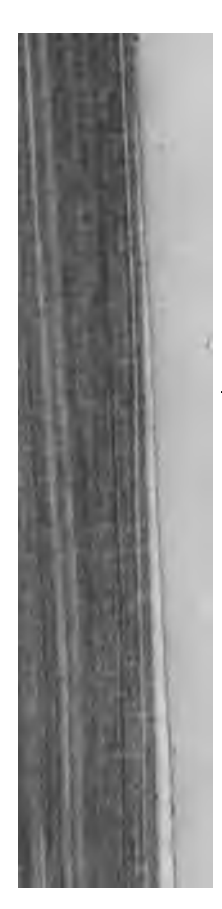
PATISSERIES ET VERMICELLE.

1086. Nous conseillons également de n'employer, dans toutes ces préparations, que de la fécule préalablement broyée au mortier, par les mêmes raisons que nous venons d'exposer dans les précédents paragraphes ; c'est-à-dire afin que chaque grain féculent ouvert et laissant en contact sa substance soluble avec toutes les molécules d'eau qui rentrent dans la confection de la pâte, échappe moins aux circonstances de la cuisson, et s'enfle alors davantage ; ce qui contribuera autant au feuilletage de la pâtisserie, et au renflement des fibrilles du vermicelle, qu'à la nutrition du consommateur.

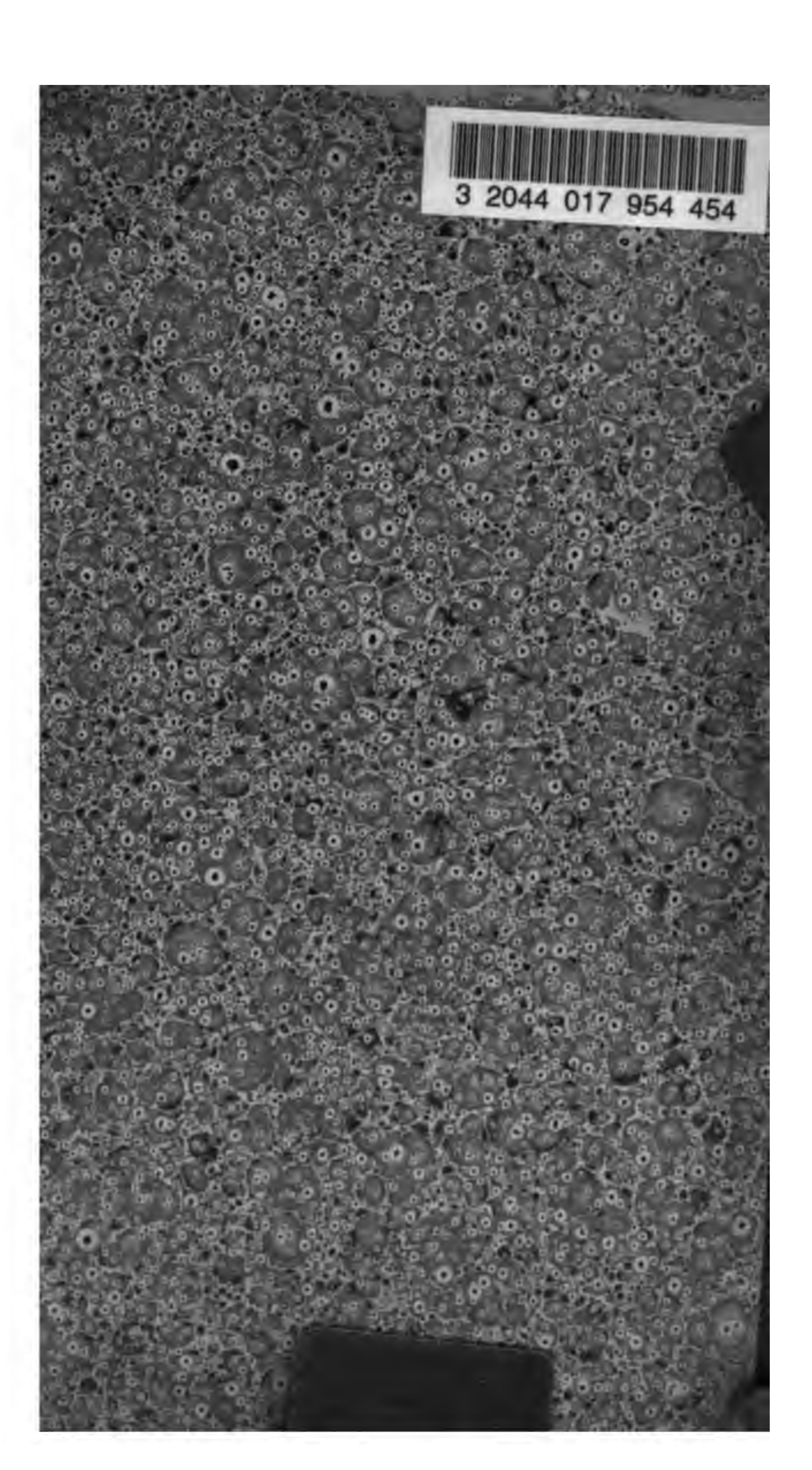
AVIS FINAL.

1087. Enfin ceux qui se seront pénétrés de tout ce que nous avons exposé dans les paragraphes précédents, trouveront, dans leurs professions respectives, de nombreuses occasions de tirer des applications utiles de la théorie ou plutôt de l'histoire nouvelle de l'amidon. Nous renvoyons à l'article du sucre, ce que nous aurons à dire sur la saccharification de la fécule, et à l'article de la digestion ce qui concerne sa nutribilité.

FIN DU PREMIER VOLUME.






3 2044 017 954 454

